



चंद्रमांना बळता पाहणुं मुख.

The Department of Public Instruction, Bombay.

SCIENCE PRIMERS

IN

GUJARATI.

No. 5

ASTRONOMY.

BY

J. Norman Lockyer, F. R. S.

TRANSLATED INTO GUJARATI

BY

BALWANTRAM M. MEHTA.

TRANSLATION EXHIBITIONER, E. D.

FIRST EDITION,—2,000 COPIES.

*Registered for copy-right under the Government of India's Act
xxv. of 1867,*

Bombay :

GOVERNMENT CENTRAL BOOK DEPÔT.

1888.

(All Rights Reserved.)

Price Six Annas.

BOMBAY.

PRINTED AT THE "MAZAGAON PRINTING PRESS."

૩૪૬૬

મુંબઈ ઈલાકાતું સરકારી કેળવણી ખાતું.

વિદ્યાપ્રવેશ ગ્રંથાવળી.

ગુજરાતીમાં.

ગ્રંથ ૫.

ખગોળવિદ્યા.

લોકીયર કૃત ઇંગ્રેજી પુસ્તકપરથી

ગુજરાતીમાં ભાષાંતર કરનાર

બળિવંતરામ મહાદેવરામ મહેતા.

ટ્રાન્સલેશન એડિસિયનર, એલ્યુકેશનલ ઈન્સ્ટિટ્યુટ.

આવૃત્તિ ૧ લી -- ૨૦૦૦ પ્રત.

હિંદુ સરકારના સને ૧૮૬૭ ના ૨૫ મા આક્ટ પ્રમાણે આ
પુસ્તક નોંધાયું છે.

મુંબઈ.

સરકારી મધ્ય શુક ડીપો.

સન ૧૮૮૮.

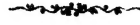
આ પુસ્તક સંબંધી સર્વે અધિકાર સરકારે સ્વાધીન રાખ્યા છે.

કીમત ૭ આના.

મુંબઈ.

“ માનગામ પ્રિન્ટિંગ છાપખાનામાં ” છાપી.

અનુક્રમણિકા.



૫૪.

ઉપોદ્ધાત. ૧

૧. પૃથ્વી અને તેની ગતિઓ.

- ૧.—પૃથ્વી ગોળ છે. ૪
- ૨.—પૃથ્વી બહુ મોટી છે. ૭
- ૩.—પૃથ્વી સ્થિર નથી. ૯
- ૪.—પૃથ્વી ભ્રમરડાની પેઠે ફરેછે અથવા ભ્રમણ કરેછે..... ૧૨
- ૫.—પૃથ્વી દિવસમાં એક ફરો ફરેછે..... ૧૪
- ૬.—પૃથ્વીનું પોતાની ધરી ઉપર ભ્રમણ એજ માત્ર તેની ગતિ નથી. ૧૬
- ૭.—પૃથ્વી વર્ષમાં એકવાર સૂર્યની આસપાસ ફરેછે..... ૨૨
- ૮.—પૃથ્વીની અને ગતિ એકજ સપાટીમાં નથી... ૨૨
- ૯.—દિવસ અને રાત્રિ શા કારણથી અસમાન છે... ૨૫
- ૧૦.—ઋતુઓનો આધાર રાત્રિદિવસની લંબાઈના અંતર ઉપર છે..... ૩૨
- ૧૧.—સૂર્ય અને તારાની ગતિઓ પૃથ્વીના જુદા જુદા ભાગમાં શા કારણથી જુદી જુદી દેખાયછે..... ૩૩

૨. ચંદ્ર અને તેની ગતિઓ.

- ૧.— ચંદ્ર તારાઓમાં ફરેછે..... ૩૯
- ૨.— ચંદ્રની કળા બદલાયછે..... ૪૧
- ૩.— ચંદ્રથી પ્રહલો શી રીતે થાયછે તે વિષે..... ૪૪

અનુક્રમણિકા.

- ૪.—ચંદ્ર કોના જેવો છે..... ૫૨
૩. સૂર્યમાળા.
- ૧.—સૂર્યની થડમાંના પૃથ્વીના જેવા પદાર્થ આપ-
ણને કેવા દેખાય..... ૫૫
- ૨.—આપણી પૃથ્વી કરતાં સૂર્યથી વધારે દૂર રહે-
લા પૃથ્વીના જેવા પદાર્થ આપણને કેવા
દેખાય તે વિષે ૫૭
- ૩.—શું આવા પદાર્થો છે?—ગ્રહો..... ૫૮
- ૪.—અંદરના ગ્રહો..... ૬૦
- ૫.—બહારના ગ્રહો..... ૬૫
- ૬.—ધૂમકેતુઓ, ઉલ્કા, અને ખરતા તારા..... ૭૫
૪. સૂર્ય—પાસેમાં પાસેના તારો.
- ૧.—સૂર્યમાળામાં સૂર્યની સત્તા..... ૮૦
- ૨.—સૂર્યની ઉષ્ણતા, પ્રકાશ, કદ, અને અંતર... ૮૧
- ૩.—સૂર્ય કોના જેવો છે. ૮૨
- ૪.—સૂર્યમાંના ડાઘા..... ૮૩
- ૫.—સૂર્યનું વાતાવરણ. ૮૫
- ૬.—સૂર્ય શેનો બનેલો છે. ૮૬
- ૭.—સૂર્ય પાસેમાં પાસેનો તારો છે. ૮૭
૫. તારા અને મેઘના જેવા તારાસમુદાય.
- ૧.—તારા એ દૂર રહેલા સૂર્યો છે..... ૮૭
- ૨.—તારાનું તેજ..... ૮૮
- ૩.—નક્ષત્રો..... ૮૯
- ૪.—તારાઓની દેખાઈતી ગતિઓ..... ૯૪
- ૫.—તારાઓની વાસ્તવિક ગતિઓ..... ૯૭
- ૬.—માંહો માંહે ફરનારા તારા..... ૯૭
- ૭.—તારાનાં જૂથમાં અને મેઘના જેવા તારા-
સમુદાય. ૯૮

૮.—તારા અને મેઘમય તારાસમુદાયનું સ્વરૂપ... ૧૦૧

૬. આકાશી પદાર્થોનાં સ્થળ શી રીતે નક્કી થાયછે
તથા તેમનો શો ઉપયોગ થાયછે તે વિષે,

૧.—ઉપસંહાર—તારાના નકશા ૧૦૨

૨.—ધ્રુવાંતર ૧૦૩

૩.—સ્થળ નક્કી કરવાને ધ્રુવાંતર બસ નથી..... ૧૦૪

૪.—વિષુવાંશ ૧૦૬

૫.—સારાંશ. ૧૦૮

૬.—પૃથ્વીપરનાં સ્થળોના અક્ષાંશ ૧૦૮

૭.—પૃથ્વીપરનાં સ્થળોના રેખાંશ..... ૧૧૧

૭. આકાશી પદાર્થોની ગતિ શા કારણથી એટલા
બધી નિયમિત છે,

૧.—વજન એટલે શું..... ૧૧૪

૨.—ગુરુત્વબળ અંતર પ્રમાણે ઘટેછે..... ૧૧૭

૩.—પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિનો ખુલાસો

આપરથી શીરીતે મળેછે. ૧૧૮

૪.—ગુરુત્વાકર્ષણ..... ૧૨૦

ચિત્રોની યાદી.



૫૪-

ચિત્રપટ્ટ ૧.— ચંદ્રમાંના બળતા પહાડનું મુખ...અંધના
ઉદ્દેશ પૃથ્વીની સન્મુખ મૂકવાનું.

- „ ૨.— સૂર્યમાળા..... ૬૦ અને ૬૧ ની વચ્ચે.
- ચિત્ર ૧.— દરિયામાં વહાણ કેવી રીતે દેખાય છે અને
દેખાતાં બંધ પડે છે..... ૬૧
- „ ૨.— માખી સહિત નારંગી..... ૬૨
- „ ૩.— પૃથ્વી સ્થિર છે એવું આપણે ધારીએ છીએ
એ તે વારે દરિયામાંનાં વહાણ છેટેથી અ-
થવા પાસેથી શા કારણથી ઓછાં કે વત્તાં
દેખાય છે તે આ ચિત્રપરથી સમજાય છે... ૬૩
- „ ૪.— જેમ જેમ આપણે જાયા જઈએ છીએ તેમ
તેમ વધારે દૂર જોઈ શકીએ છીએ તેનું
કારણ આ ચિત્રપરથી સમજાય છે..... ૬૪
- „ ૫.— પૃથ્વીને જેમ વધારે મોટી ધારીશું તેમ જે
સ્થળમાં આકાશ પૃથ્વીને અડકતું દેખાય છે
તે સ્થળ આપણાથી વધારે દૂર છે એ આ
આકૃતિપરથી જણાય છે. ૬૫
- „ ૬.— સૂર્યોદય તથા સૂર્યાસ્ત, અને તારાના ઉદયા-
સ્તનો ખુલાસો. ૬૬
- „ ૭.— છઠ્ઠાચિત્રની સમજૂતી આપનારું ચિત્ર.... ૬૭
- „ ૮.— ફરતો ભ્રમરડો..... ૬૮
- „ ૯.— પૃથ્વીના અંશોની દિશા..... ૬૯
- „ ૧૦.— પૃથ્વીના અંશોથી દહાડો રાત રી રીતે

થાયછે તે દેખાડનારો પ્રયોગ.....	૧૫
ચિત્ર ૧૧.— સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વીના ભ્રમણની સમજાવતી.	૧૯
„ ૧૨.— ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી.....	૨૩
„ ૧૩.— બે સપાટી એક એકને કાટખૂણે છેદેછે...	૨૪
„ ૧૪.— બે સપાટી એક એકને ત્રાંસી છેદેછે...	૨૪
„ ૧૫.— પૃથ્વી અને તેની દૈનિક ગતિનો ઢળતો આંસ.....	૨૫
„ ૧૬ — ઉત્તરાયનમાં એટલે તા. ૨૨ મી જૂન (લં-ડન શહેરમાં મધ્યાન્હે) સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.....	૨૮
„ ૧૭.— દક્ષિણાયનમાં એટલે તા. ૨૨ મી ડીસેમ્બરે (લંડન શહેરમાં મધ્યાન્હે) સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.....	૨૯
„ ૧૮.— મહાવિષુવમાં એટલે તા. ૨૨ મી માર્ચે (લંડન શહેરમાં મધ્યાન્હે) સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.....	૩૦
„ ૧૯.— વિષુવદમાં એટલે તા. ૨૨ મી સપ્ટેમ્બરે (લંડન શહેરમાં મધ્યાન્હે) સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.....	૩૧
„ ૨૦.— ઋતુઓની સમજાવતી.....	૩૩
„ ૨૧.— ધ્રુવનો તારો અને સપ્તઋષિના તારા. સપ્તઋષિના તારાને છ છ કલાકને અંતરે ચાર જુદી જુદી સ્થિતિમાં દર્શાવ્યા છે. એ તારા ધ્રુવના તારાની આસપાસ શી રીતે ફરતા દેખાય છે તે બતાવ્યું છે.	૩૫
„ ૨૨.— પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિ.....	૪૩

ચિત્ર ૨૩.— સૂર્યનો ખગાસ.....	૪૫
„ ૨૪.— સૂર્યનું કંકણાકાર ગ્રહણ.....	૪૬
„ ૨૫.— ચંદ્રગ્રહણ.	૪૭
„ ૨૬.— ચંદ્રની કક્ષા ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીને ઢળતી છે તે આ ચિત્રપરથી જણાય છે.	૪૯
„ ૨૭.— અંશમાં વર્તુલના ભાગ.	૫૧
„ ૨૮.— પૃથ્વી અને સૂર્યની વચ્ચે રહેલા પદાર્થની ગતિ અને દેખાવ બતાવનાર ચિત્ર.....	૫૬
„ ૨૯.— આ ચિત્ર પૃથ્વીની કક્ષાની બહાર સૂર્યની આસપાસ ભ્રમણ કરનારા ગ્રહની ગતિ દર્શાવેછે.....	૫૮
„ ૩૦.— શુક્ર તેના પૃથ્વપરનાં ચિન્હો દર્શાવ્યાંછે.	૬૩
„ ૩૧.— શુક્ર પૃથ્વીથી ઓછામાં ઓછે, મધ્યમ, અને વધારેમાં વધારે અંતરે હોયછે તેવારે તેનું દેખાઈતું કદ.....	૬૪
„ ૩૨.— મંગળ. આ ચિત્રપરથી ધ્રુવ આગળના હિમમય ભાગ, અને જમીન તથા સમુદ્ર દેખાય છે.	૬૭
„ ૩૩.— મંગળની ખીજ બામૂનો દેખાવ.....	૬૮
„ ૩૪.— બૃહસ્પતિ. વાદળાંની મેખળા દર્શાવેછે.	૭૦
„ ૩૫.— બૃહસ્પતિના ચંદ્રોનાં ગ્રહણ, તિરોધાન, અને સંક્રમણની સમજ્યુતી આપનાર ચિત્ર.	૭૨
„ ૩૬.— શનિ અને તેની મેખળાઓ.....	૭૩
„ ૩૭.— ધૂમકેતુનો સાધારણ દેખાવ.....	૭૬
„ ૩૮.— ખરતા તારાનું માથું અને આવરણ.....	૭૮
„ ૩૯.— સૂર્યનું કદ શી રીતે નક્કી થાયછે.....	૮૨
„ ૪૦.— સૂર્યમાંનો ડાઘો.....	૮૪
„ ૪૧.— સૂર્યમાંનો ડાઘાના દેખાવોની સમજ્યુતી...	૮૫
„ ૪૨.— સૂર્યનું ફિરીટાકાર વાતાવરણ.....	૮૬

ચિત્ર ૪૩. — ખેવડા તારાની કક્ષા.	૯૮
.. ૪૪. — શૌરિ નક્ષત્રમાંના તારાનાં ઝૂમખાં.	૯૯
.. ૪૫. — ઓરિયન નક્ષત્રમાંનો મેઘના જોડો તારા- સમુદાય.....	૧૦૦
.. ૪૬. — હરકોઈ વસ્તુનું સ્થળ શી રીતે નક્કી કરવું.	૧૦૫
.. ૪૭. — તારાનાં સ્થળ શી રીતે બતાવાય છે. ...	૧૦૬
.. ૪૮. — પૃથ્વીભણી ચંદ્રનું પતન.....	૧૧૯

વિદ્યાનાં મૂલતત્ત્વો.

સ્વગોળવિદ્યા.

ઉપોદ્ઘાત.

૧. નિશાળનો એરડો અથવા નિશાળનું મકાન કેવું હોય-
છે તે આ ચોપડી વાંચનાર પ્રત્યેક વાળુના જાણવામાં છે.
હવે એમ ધારો કે એ ધરને બારીઓ છે તેમાંથી બહાર
જોઈ શકાતું નથી અને તમે કોઈ દિવસ ધરની બહાર ગયા
નથી; તો તમે કદાચ એમ માનશો કે નિશાળનું મકાન એજ
સકળ જગત્ છે. પરંતુ તમને એ કરતાં વધારે જ્ઞાન છે. તમ-
ને ખબર છે કે તમારી નિશાળનું મકાન મહોલ્લામાંનાં અથવા
ગામમાંનાં ઘણાં ઘરોમાંનું માત્ર એક ધર છે. તમે જે ગામ-
માં રહો છો તેને કરતાં ગામોમાં તમારામાંના ઘણાખરા
પગે ચાલીને અથવા ગાડીમાં કે ઘોડે બેસીને જઈ આવ્યા
પણ હશે.

૨. આ પુસ્તક વાંચનાર લાંડન શહેરમાં હશે તો તેણે
એનાથી વધારે કંઈ હશે, કારણ કે ટેમ્સ નદીપરના પૂલોમાં-
નો એકાદ પૂલ તેણે જોયો હશે, તો એક તાલુકામાંથી
ખીજ તાલુકા (જેમ ઘણાં ઘરો મળીને મહોલ્લો થાય છે
તેમ ઘણાં ગામ મળીને તાલુકો કે પરગણું થાય છે) માં તે
ગયો હશે, કેમકે મિડલસેક્સ અને સરે તાલુકાઓની વચ્ચે
ટેમ્સ નદી આવેલી છે.

૩. જેમ ઘણાં ગામ મળીને તાલુકો કે પરગણું અને છે તેમ
ઇંગ્લાંડ, કે સ્કોટ્લાંડ, કે આયર્લેંડ, કે વેલ્સ દેશ તાલુકાઓનો
સમુદાય છે. એ ચારે દેશ મળીને ગ્રેટબ્રિટન અને આયર્લેંડનું
સંયુક્ત રાજ્ય બનેલું છે. તો હવે તમે શહેરની કે ગામની

નિશાળમાં, સંયુક્ત રાજ્યમાં, અમેરિકામાં, આસ્ટ્રેલિયામાં, અથવા ભરતખંડમાં, જ્યાં હો ત્યાં હુંકરી કલમ વાંચ્યા પહેલાં જે

નિશાળ	} માં તમે હો તેનાં નામ લખશો તો
પોળ	
ગામ	
તાલુકો	
દેશ	
રાજ્ય	

તમને જણાશે કે સંયુક્ત રાજ્યમાં અથવા બીજા હરકોઈ રાજ્યમાં તમે રહેતા હો તે જે વિશાળ ભૂમિનું બનેલું છે તે ભૂમિપર તમારી નિશાળનું મકાન બહુ ઝીણું ટપકું માત્ર છે.

૪. તમે ફ્રાન્સ અથવા જર્મનીમાં ગયા નહિ હો, તથાપિ એ દેશો વિષે તમે સાંભળ્યું તો હશે. તેઓ શું છે ? સંયુક્ત રાજ્ય, ફ્રાન્સ, જર્મની, રશિયા, ઈટાલિ, તુર્કસ્તાન, આદિ દેશો મળીને યુરોપ ખંડ થયેલો છે; જેમ તાલુકા કે પરગણાંનો સમુદાય તે દેશ કે જિલ્લો અને ગામેનો સમુદાય તે તાલુકા કે પરગણું તેમ ખંડ એ દેશોનો સમુદાય છે.

૫. વળી જેમ યુરોપનું નામ તમે સાંભળ્યું હશે તેમ અમેરિકા, એશિયા, આફ્રિકા અને આસ્ટ્રેલિયા વિષે સાંભળ્યું હશે; બધાં એમાંના એકાદમાં તમે રહેતા પણ હશો. યુરોપના જેવા એ ખંડ છે.

૬. આ ખંડો પૃથ્વીની સપાટીપર ફેરી જમીનના મોટામાં મોટા વિસ્તાર છે. એ સપાટીના કેટલાક ભાગમાં પાણી અને કેટલાકમાં ફેરી જમીન છે.

૭. હવે બીજું તમને એ કહેવાનું કે આખી પૃથ્વીને સ્વર્ગોલ્લેખ તાઓ ગ્રહ કહેછે; એનો અર્થ તમે આગળ શીખશો. આગળ વાંચ્યા પહેલાં અગાઉની પેઠે જે

નિશાળ	}	માં તમે હો તેનાં નામ લખો.
મહોદ્દા		
ગામ		
તાલુકા		
જિલ્લા		
રાજ્ય		
ખંડ		
ગ્રહ		

૮. તમારામાંના કેટલાકને એમ લાગશે કે મેં ચૂક કરી છે અને હું અગોળવિદ્યાને બદલે ભૂગોળવિદ્યાનું પુસ્તક લખવાનો આરંભ કરું છું. પરંતુ હું ભૂલ્યો નથી. મારે તમને એવું બતાવવું છે કે જ્યાં અગોળવિદ્યાની અવધિ આવે છે ત્યાં ભૂગોળવિદ્યાનો આરંભ થાય છે; કે પૃથ્વી નામે જે ગ્રહ ઉપર આપણે વસીએ છીએ તેપર તમારી નિશાળ નાનું ટપકું માત્ર છે તેનો (એટલે નિશાળનો) આકાર, કદ, અને સ્થિતિ જેમ કહી શકાય છે, અને પૃથ્વીઉપર તમારી નિશાળથી ઘણું દૂર આવેલી જમીનનો શોધ જેમ માણસો મુસાફરીથી કરી શકે છે, અને તે વિષે બધી લોકીકત જણાવે છે તેમ આકાશના સર્વ પદાર્થોમાં ખુદ પૃથ્વીનો આકાર, કદ, અને સ્થિતિ જણાવવાં છે તે અને તેમની જોડે તેનો સંબંધ કેવો છે તે તમને સ્પષ્ટ સમજાવી શકાય. એજ બાબત મારે તમને કહેવાની છે, અને એ હું કહી શકીશ તો પૃથ્વીના પૃષ્ઠનું વર્ણન તમે વાંચશો ત્યારે તમને ખેશ સમજ પડશે.

૧.—પૃથ્વી અને તેની ગતિઓ.

§ ૧.—પૃથ્વી ગોઠ છે.

૯. મેં પાછળ કહ્યું છે કે આપણે એક ગ્રહપર વસીએ છીએ અને તેને પૃથ્વી કહીએ છીએ. પરંતુ એ કેવા પ્રકારની વસ્તુ છે? ચપટી છે? વાંકી છે? ચોરસ છે? કે ગોળ છે? એ શી રીતે માલુમ પડે? તમે હરકોઈ દિશામાં નજર કરશો, કોઈ પહાડી પ્રદેશમાં હશો તો ડુંગરો અને ખીણો તમારી દૃષ્ટિએ પડશે; અને એ ડુંગરોપર ચઢીને જોશો તો વધારે વધારે ડુંગરા ઊંચે આવતા જણાશે તેમને લીધે ઝૂલાક મૈલની પેલીમેર તમારાથી જોઈ શકાશે નહિ; તમે સપાટ પ્રદેશમાં હશો તો તમારી ચોમેર ઝાડ અને છોડવા આકાશને મળી જતાં દેખાશે. આપણે હરકોઈ સ્થળે જઈશું તોપણ પૃથ્વીનું પૃષ્ઠ અને આકાશ જે લીટીમાં મળેછે તે લીટી નજરે પડશે; તેથી પૃથ્વી મહાન્ વિસ્તારવાળી લગભગ ચપટી સપાટી હોઈ શકે. એ પ્રમાણે જોતાં આ ધારણા ખોટી કહેવાય નહિ.

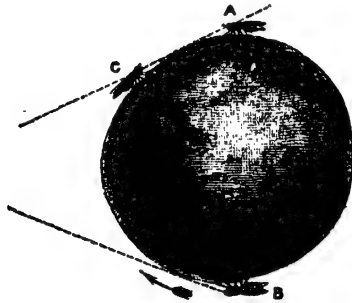


ચિત્ર ૧ હું—દરિયામાં વહાણ કેવી રીતે દેખાયછે અને દેખાતાં બંધ પડેછે.

૧૦. પણ જે સ્થળે ડુંગર અથવા ઝાડ ન હોય, પૃથ્વીનું પૃષ્ઠ અખંડિત અને સપાટ હોય તે સ્થળે જઈને તપાસ કરીએ;

દરિયાની સપાટીપર જઈને જોઈએ. તમે દૂરનાં વહાણો નજરે પડવા માંડતાં નિહાળશો તો જણાશે કે તેમના ડાલ માત્ર દેખાયછે; તેઓ જેમ જેમ નજીક આવતાં જાયછે તેમ તેમ તેમનાં ખોખાં કે અંગનો વધારે વધારે ભાગ નજરે પડેછે, અને છેલ્લે તેઓનું આખું અંગ કે ખોખું દૃષ્ટિએ પડેછે (ચિત્ર ૧ લું). હવે વહાણને તમારાથી દૂર જતાં નિહાળશો તો પ્રથમ વહાણનું અંગ કે લોહું દેખાતું બંધ પડશે.

૧૧. તો એમ થવાનું કારણ શું? આપણે પ્રયોગ કરીએ. એ માખી બેડી હોય એવો સપાટ મેજ લો; માખી બેઠેલી ન હોય તો તે બેડી છે અને તેપર ફરેછે એમ ધારો. તો સ્પષ્ટ છે કે જ્યાંલગી એ માખીઓ મેજની સપાટીપર રહેશે ત્યાંલગી સદા એક એકની દૃષ્ટિએ પડશે. તેઓ એક એકથી બહુ દૂર હશે તો પરસ્પર નાની દેખાશે અને પાસે હશે તો મોટી દેખાશે;



ચિત્ર ૨ નું—માખી સહિત નારંગી.

પરંતુ દરિયામાં ફરતાં વહાણની પેઠે માખીના ખીજા ભાગ દેખાય અને એક ભાગ દેખાતો બંધ પડશે નહિ. એ કારણથી દરિયાની સપાટી મેજની સપાટીના જેવી ચપટી નથી.

૧૨. ખીજો પ્રયોગ કરીએ. આ પ્રસંગે આપણે એક નારંગી લઈએ અને તેને મથાળે A આંગળ, ચિત્ર ૨નું, એક માખી બેઠેલી અને તળિયે B આંગળ ખીજા માખી બેઠેલી ધારીએ. એ માખી-

એ એક એકને જોઈ શકતી નથી એ સ્પષ્ટ છે ; કારણકે તેમની વચ્ચે નારંગી છે. પરંતુ B આગળની માખી A બહુ જાણે એમ ધારીએ. તે C આગળ આવી પહોંચે છે ત્યારે A માખી નારંગીની કોઈ ડાંગ B માખીના માથાનો ઉપલો ભાગ માત્ર જોઈ શકે છે, અને C માખી નારંગીની કોઈ ઉપર A માખીના માથાનો ઉપલો ભાગ જોઈ શકે છે. વધારે ભાગ હજી જોઈ શકાતા નથી, કારણકે પહેલાં જેમ તમામ ભાગ નારંગીથી ઢંકાયેલા હતા તેમ પ્રત્યેક માખીના જીભ ભાગ હજી ઢંકાયેલા છે. પરંતુ B માખી A માખીની વધારે થડમાં જશે તો પ્રત્યેક માખી પૂરેપૂરી એક એકની દૃષ્ટિએ પડશે.

૧૩. પૃથ્વીની સપાટીપર વહાણો કેવી રીતે દેખાય છે અને દેખાતાં બંધ પડે છે તે ચપટા મેજ પર આપણે બતાવી શક્યા નથી, તથાપિ ગોળ નારંગી અને ફરતી માખીઓના પ્રયોગથી ચત્તરિયત સમજાવ્યું છે.

૧૪. માટે પૃથ્વી દડા અથવા નારંગીના જેવી છે, મેજના જેવી ચપટી નથી.

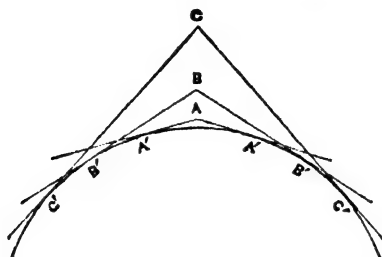
૧૫. એપરથી વહાણની ટોચ પ્રથમ દેખાય છે અને આપણે જેમ જેમ જાંચે ચઢીએ છીએ તેમ તેમ વધારે દૂર દૃષ્ટિ પહોંચે છે તેવું કારણ તમારા લક્ષમાં સહજ આવશે.



ચિત્ર ૩ જુઁ—પૃથ્વી ગોળ છે એવું આપણે ધારીએ છીએ ત્યારે દરિયામાંનાં વહાણ છટેથી અથવા પાસેથી શા કારણથી ઓછાં કે વર્તાં દેખાય છે તે એ ચિત્ર પરથી સમજાય છે. A આગળ વહાણ દેખાતું નથી, B આગળ તેના ડાલ દેખાવા માંડે છે, અને C આગળ આખું વહાણ દૃષ્ટિએ પડે છે.

પ્રત્યેક વેળા પૃથ્વીની કોર આપણી દૃષ્ટિ પહેંછે; અને જેમ જેમ પૃથ્વીની સપાટીથી ઝંચે જઈએ છીએ તેમ તેમ જે કોર આપણી દૃષ્ટિ પહેંછે તે વધારે દૂરની હોયછે.

૧૬. આ પરથી તમે પડીજાઓ એવી પૃથ્વીને કોર છે એમ તમારે ધારવું નહિ; પૃથ્વી ગોળ છે તેથી દેખાઈતી કોર તમે



ચિત્ર ૪ થું—જેમ જેમ આપણે ઊંચા જઈએ છીએ તેમ તેમ વધારે દૂર જોઈ શકીએ છીએ તેનું કારણ આ ચિત્રપરથી સમજાય છે. A આગળના જોનારને પૃથ્વીની કોર A A આગળ દેખાયછે, B આગળના જોનારને B B આગળ કોર દેખાયછે, ઈત્યાદિ.

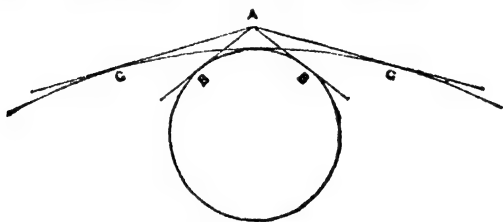
જેમ જેમ આગળ જાઓછો તેમ તેમ પાછી હટતી જાયછે. નારંગી અને માખીઓની મદદથી આ બાબતનો તમારે તમારી મેજે ખુલાસો કરી લેવો.

§ ૨.—પૃથ્વી બહુ મોટી છે.

૧૭. પૃથ્વી ગોળ છે તે સિદ્ધ કરવાને આપણે નારંગીનો ઉપયોગ કર્યો. તમારામાંનો કોઈ એવો પ્રશ્ન પૂછશે કે “પૃથ્વી નારંગીના જેવી ગોળ છે તો તે થું નારંગીના જેવી નાની પણ છે?” અથવા “પૃથ્વીપર ઊંચા પર્વતો અને તમામ પ્રકારના ખાડાખેયા છે તે છતાં લીશી નારંગીનો ઉપયોગ કરવો વાજબી છે? કારણકે દરિયાપર હું નજર કરું છું તેવારે પૃથ્વીનું પૂઠ વક્રેખા-કૃતિનો ભાગ છે એ મારાથી માની શકાય છે, તથાપિ ઊંચા પર્વ-

તો અને ઊડી ખીણો મારી દૃષ્ટિએ પડે છે તેવારે આવા અસમાન પૃથ્વને વકરેઆકૃતિનો ભાગ શી રીતે કહી શકાય તે સમજાતું નથી.” માટે મારે આ પ્રશ્નોના ઉત્તર આપવા જોઈએ.

૧૮. પહેલે તો સ્પષ્ટ છે કે એક મોટા અને એક નાનો એવાએ ગોળાથી જાંચે સમાન અંતરે તમે હશે તો જે કોર આગળ પહાચ્યા આંખની પાસે આવેછે ત્યારે દેખાવા માંડેછે અને દૂર જાયછે ત્યારે દેખાતા બંધ પડેછે તે કોર મોટા ગોળાપર વધારે દૂર હશે.



ચિત્ર ૫ મું.—પૃથ્વીને જેમ વધારે મોટી ધારીશું તેમ જે સ્થળમાં આકાશ પૃથ્વીને અડકતું દેખાય- છે તે સ્થળ આપણાથી વધારે દૂર છે એ આ આકૃતિપરથી જણાયછે.

૧૯. જેમકે, ૫ મા ચિત્રમાં B B નારંગીની ઉપલી ભેર માખીની આંખની જાંચાઈ A હઈએ તો જે કોર ઉપર ખીજ માખી દેખાવા માંડશે તે કોરનું અંતર A થી B સૂધીનું અંતર થશે, પરંતુ B B ગોળ કરતાં C C ગોળ જેટલો મોટો છે તેટલા નારંગીથી મોટા ગોળાપર બંને માખીઓ હશે તો એ કોરનું અંતર A થી C સૂધીનું થશે.

૨૦. હવે તમે સમુદ્ર કાંઠે જિભા રહોછો તેવારે કેટલાક રૈલ લગી સમુદ્ર ઉપર જોઈ શકોછો તેપરથી પૃથ્વી બહુ મોટી છે તે તમને સ્પષ્ટ સમજાયછે. તો આ પરથી પહેલા પ્રશ્નનો ઉત્તર નીકળેછે. વસ્તુતઃ એનો વ્યાસ શુમારે ૮,૦૦૦ મૈલ છે; એટલે મધ્ય બિંદુમાં થઈ એક પૃથ્વી બીજી પૃથ્વ સૂધી સીધી લીટી દોરીશું તો તે ૮,૦૦૦ મૈલ લાંબી થશે.

૨૧. પૃથ્વીપર પર્વતો છે તે છતાં તેનું પૃષ્ઠ વાસ્તવિક રીતે નારંગીથી મુકાબલે ધણું વધારે લીસું છે એ તમને હવે સમજાવું છું.

મધ્ય બિંદુથી પૃથ્વીના પૃષ્ઠ સૂધીનું અંતર ૪,૦૦૦ મૈલ છે એમ ધારો. એમ ધારવું સત્યથી દૂર નથી. તો ચાર મૈલ જિયો પર્વત પૃથ્વીની સાધારણ સપાટીથી આ અંતરના હજારમા ભાગ જેટલો માત્ર જિયો થશે, અને એવી અસમાનતાનો નિશાળમાં પૃથ્વીના મોટા ગોળા હોય છે તેપર ચોડેલા કાગળની જડાઈમાં સમાસ થશે. એ પરથી પૃથ્વીનું પૃષ્ઠ નારંગીની સપાટી કરતાં મુકાબલે ધણું વધારે લીસું છે એ તમારા લક્ષમાં સહજ આવશે, કારણકે નારંગીને નિશાળમાંના પૃથ્વીના ગોળા જેવડી મોટી કરશો તો તે ખરેખર બહુજ ખરબચડી દેખાશે.

૨૨. માટે એવું જણાય છે કે (૧) મોટા મેદાનપર અથવા દરિયાના જેવા સપાટ પૃષ્ઠ ઉપર જભા રહીએ છીએ ત્યારેજ પૃથ્વીનો વાસ્તવિક આકાર નજરે જોઈને સમજી શકીએ છીએ. (૨) પૃથ્વીની વાંકાશ આપણી નજરે પડતી નથી, તથાપિ અતિ જિંચી નીચી જમીનમાં પણ એ વાંકાશ છે. (૩) એ વાંકાશ બહુ આસ્તે આસ્તે વધે છે, કારણકે દરિયામાંનાં વહાણ દેખાતાં અંધ પડતા પહેલાં ધણા મૈલ લગી તમે તેઓને જોઈ શકો છો. (૪) એ વાંકાશ બહુ થોડી છે અને જિંચા પર્વતોથી એટલે થોડો ફેર પડે છે તે પરથી જણાય છે કે જે ગોળનો એ ભાગ છે તે મોટો છે અને તેથી કરીને પૃથ્વી પાંડે મોટી છે; અને (૫) પૃથ્વી એટલી મોટી છે કે મોટામાં મોટા પર્વતો પણ મુકાબલે પૃષ્ઠપર નાના કણ જેવા માત્ર છે; એનો વ્યાસ અથવા મધ્ય બિંદુમાં થઈ એક પડખાથી બીજા પડખા સૂધીનું અંતર ૮,૦૦૦ મૈલ છે.

§ ૩.—પૃથ્વી સ્થિર નથી.

૨૩. માટે જમીન અને પાણીની સપાટી સુધ્ધાં પૃથ્વી મોટો ગોળો છે. તે એવડો મોટો છે કે તમારી નિશાળથી તેની

આસપાસ ફરતો રસ્તો છે એમ ધારીએ અને તમે રાત દિવસ વિસામો લીધા વગર દર કલાકે ત્રણ મૈલ પ્રમાણે ચાલો તો ફરીને નિશાળ આગળ આવતાં તમને લગભગ એક વર્ષ લાગે.

૨૪. તમે કોઈ વાર બહુનને હવામાં અધર જુઓછો તેમ પૃથ્વી પણ અવકાશમાં અધર છે. તે સ્થિર છે કે ફરેછે? તમે કદાચ કહેશો કે તે ફરતી નથી, કારણકે તમારી નિશાળનું મકાન જ્યાંનું ત્યાંજ છે; તેની થડમાંનાં ધરો અને ઝાડો જ્યાં હતાં ત્યાંથી આઘાં ગયાં નથી અથવા પાસે આવ્યાં નથી.

૨૫. પરંતુ આથી આપણને મદદ મળતી નથી; આપણે જીનની દડી અથવા નારંગી લેઈ તેને પૃથ્વી ધારીએ અને તેમાં તમારી નિશાળનું મકાન દેખાડવાને એક ટાંકણી ખોશીએ અને તેની આસપાસનાં ધરો અને ઝાડોને ઠેકાણે ખીજ ટાંકણીઓ ખોશીએ.

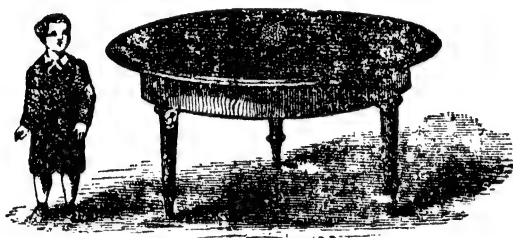
૨૬. તમારા લક્ષમાં સહજ આવશે કે જીનની દડી કે નારંગી સ્થિર હોય અથવા ફરે તેથી ટાંકણીઓની સ્થિતિ એકએકના સંબંધમાં બદલાતી નથી.

૨૭. તો આ પ્રશ્નનો શી રીતે નિર્ણય કરીએ? પૃથ્વીપર ન હોય એવી કોઈ વસ્તુ નિહાળીને. વાદળાં વગરની સાંજે બહાર જઈને તમે પૂર્વ દિશા બાણી નજર કરો (ઉત્તર, દક્ષિણ, પૂર્વ, અને પશ્ચિમ દિશા કઈ છે તે દરેક છોકરા અને છોકરીએ જાણવું જોઈએ); પૃથ્વીની કોર એટલે જે લીટીમાં પૃથ્વીની સપાટી અને આકાશ મળેછે તે લીટીની ઉપલીમેર તારા વધારે વધારે ઊંચા આવતા દેખાશે; આ લીટીને હવેથી આપણે ક્ષિતિજ કહીશું. એજ પ્રમાણે પશ્ચિમ દિશા માંહેના તારા હળવે હળવે અદૃશ્ય થશે; ચંદ્ર પણ તેમને અનુસરેછે. એજ રીતે દિવસે સૂર્ય પૂર્વમાં જોગેછે અને પશ્ચિમમાં આથમેછે.

૨૮. આપરથી સિદ્ધ થાયછે કે પૃથ્વીની સપાટી પરનાં ધરો અને ઝાડો એક એકના સંબંધમાં ફરતાં નથી, પરંતુ સૂર્ય, ચંદ્ર,

અને તારા પૃથ્વીના પૃષ્ઠઉપર નથી તેઓ પૃથ્વીના સંબંધમાં ફરેછે અથવા ફરતા દેખાયછે.

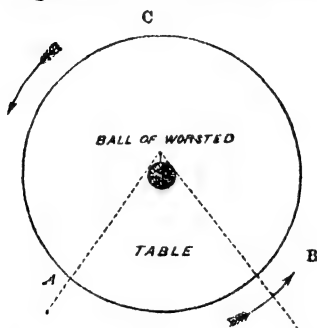
૨૯. હવે આ વિષે આપણે વિચાર કરીએ. તારો અથવા સૂર્ય જોગેછે અને આથમેછે એવું આપણે કહીએ છીએ તેનો અર્થ શો? એનો અર્થ એ છે કે જે સ્થળે આપણે છીએ તે સ્થળમાંથી જોતાં પૃથ્વીની કોરની ઉપલી મેર કે નીચલી મેર તે જાયછે; વસ્તુતઃ જે પ્રમાણે દરિયામાં ચાલતાં વહાણ દેખાયછે અથવા દેખાતાં બંધ પડેછે એવું આપણે ૧૦ મી કલમમાં કહી ગયા તેજ પ્રમાણે સૂર્ય અથવા તારો ફરેછે કે ફરતો દેખાયછે. જિનની દડી અથવા નારંગી વડે આ બાબત સ્પષ્ટ સમજાશે. એને મેજની વચ્ચોવચ્ચ મૂકી તેની બાજુમાં એક ટાંકણી



ચિત્ર ૬ કું.—સૂર્યોદય તથા સૂર્યાસ્ત, અને તારાના ઉદયાસ્તનો ખુલાસો.

ખોસો. ટાંકણીનું માથું તમારી આંખ છે એમ ધારો. હવે તમે તારો અથવા સૂર્ય છો એમ માની છટ્ટા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે તમારી આંખને ટાંકણીની સપાટીએ રાખી મેજની આસપાસ ફરો; એ ટાંકણી એક બિંદુએ દડીની કોરમાંથી જોયે આવતી દેખાશે; ટાંકણીના માથા વડે દર્શાવેલી તમારી આંખને તમે જોગતો તારો અથવા સૂર્ય દેખાઓછો; મેજની આસપાસ ફરતાં ફરતાં બીજા બિંદુએ ટાંકણીનું માથું અદૃશ્ય થશે અને છેવટે દડીની કોરથી ઢંઢાઈ જશે. પૃથ્વીને સ્થિર ધાર્યાથી આ ઠેકાણે તમે આથમતો તારો અથવા સૂર્ય બાસોછો.

૩૦. હવે તમે બેશી જાઓ અને ટાંકણીનું માથું મેજપર સદા સમાન અંતરે રહે એવી રીતે જાનની દડીને કોઈ ખીજ માણસ કને ફેરવાવો. તો દડી સ્થિર હોઈ તમે તેની આસપાસ ફરતા હતા તેવારે જે દેખાવ તમારા જોવામાં આવ્યા હતા તેજ દેખાવ તમે સ્થિર હોઈ દડીની ગતિને લીધે ઉત્પન્ન થશે.



ચિત્ર ૭ મું.—છટ્ટા ચિત્રની સમજૂતી આપનારું ચિત્ર ; એમાં ગતિની દિશા બતાવી છે ; A આગળનો પદાર્થ આથમે છે, B આગળનો પદાર્થ ઊગે છે, અને C આગળનો પદાર્થ માથાપર છે.

૩૧. માટે સૂર્ય અને તારાના ઉદયાસ્તને લગતા દેખાવોનું કારણ આપણી પૃથ્વી સ્થિર હોઈ તેની આસપાસ સૂર્ય અને તારા ફરે છે તે હોય, કિંવા સૂર્ય અને તારા સ્થિર હોઈ પૃથ્વી ફરે છે તે હોય. પ્રાચીન કાળના લોકો પૃથ્વી સ્થિર છે અને તેની આસપાસ સૂર્ય અને તારા ફરે છે એવું માનતા હતા. પરંતુ હમણા આપણે જાણીએ છીએ કે પૃથ્વીજ ફરે છે.

§ ૪.—પૃથ્વી મમરહાની પેઠે ફરે છે અથવા ભ્રમણ કરે છે.

૩૨. માટે સૂર્ય, ચંદ્ર, અને તારા, દિવસે સૂર્ય અને રાત્રે ચંદ્ર, અને તારા, પૂર્વથી પશ્ચિમ બાજી ભ્રમણ કરતા દેખાય છે તે તેમની વાસ્તવિક ગતિ નથી, પરંતુ દેખાઈતી ગતિ માત્ર છે અને

તે પૃથ્વીની વાસ્તવિક ગતિને લીધે થાયછે એ તમારે સિદ્ધ થયેલું માનવું જોઈએ.

૩૩. તો ગોળ પૃથ્વી શી રીતે ફરેછે? એ વિષે થોડો વિચાર કરીએ. આપણી પોતાની ગતિને લીધે સ્થિર પદાર્થો એ રીતે ફરતા દેખાયછે તેનો કોઈ દાખલો આપણા જાણવામાં છે? હા, બેશક આપણા જાણવામાં છે. તમે આગગાડીમાં મુસાફરી કરો છો તેવારે તમામ પદાર્થો, ઝાડો, ઘરો, ઈત્યાદિ જે જે વસ્તુઓને તમે બારીમાંથી જોઈ શકો છો અને જેઓ વસ્તુતઃ સ્થિર હોયછે તે તમારે પડખે થઈને કેવી રીતે દોડી જાયછે અને તમે જાણુ સ્થિર હો તેમ ભાસેછે, તેનો વિચાર તમારા મનમાં સહજ આવશે. વળી તમે જે દિશામાં જાઓ છો તેની કેવળ ઉલટી દિશામાં તેઓ તમારા મોં આગળથી દોડી જતા દેખાયછે.

૩૪. એ તો ઠીક. હવે જે દિશાને આપણે પશ્ચિમ દિશા કહીએ છીએ તે દિશાથી પૂર્વ દિશા ભણી આખી પૃથ્વી ઉતાવળી ખરેખર ફરેછે અને સૂર્ય, ચંદ્ર, તથા તારાની આગળ થઈને સત્વર દોડી જાયછે, તથા તેઓ પૂર્વથી પશ્ચિમ ભણી ફરતા દેખાયછે તેનું કારણ એજ છે એવી કલ્પના કરવાને આ અનુમાન પૃથ્વી અને તારાને સહજ લાગુ પાડીશું તો ચાલશે કે નહિ?

૩૫. તમારા લક્ષમાં સહજ આવશે કે એવું અનુમાન નહિ ચાલે, કારણ કે એવું અનુમાન કરવાથી તેજ સૂર્ય, ચંદ્ર, અને તારા ફરી આપણી નજરે પડેજ નહિ.

૩૬. તો સત્ય શી રીતે સમજાવી શકાય? મમરહો ચક્ર ફરેછે તેમ પૃથ્વી ગોળ ફરેછે એવી આપણે કલ્પના કરીએ. એજ કારણથી ઇંગ્લાંડ અથવા અમેરિકા અથવા આસ્ટ્રેલિયા, અથવા ભરતખંડમાં વસનાર દરેક છોકરો અને



ચિત્ર ૮ મું.—ફરતો ભરતખંડો

છોકરી પ્રત્યેક સવારે તેના તેજ સૂર્યને ઊગતો અને પ્રત્યેક સાંજે તેના તેજ સૂર્યને આથમતો નિહાળે છે.

૩૭. વસ્તુતઃ પૃથ્વી આ રીતે ફરે છે તેને લીધેજ સવાર અને સાંજ પડે છે અને મારા કહેવા પ્રમાણે પૃથ્વી વાસ્તવિક રીતે



ચિત્ર ૯ મું.—પૃથ્વીના ભ્રમણની દિશા.

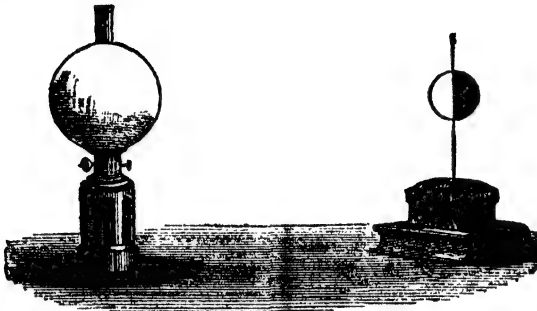
ભ્રમણ કરે છે તેનાં ઉત્કૃષ્ટ પ્રમાણ દિવસ અને રાત્રિ છે. ૩૮. અને સૂર્ય પૂર્વમાં ઊગી પશ્ચિમમાં આથમતો દેખાય છે તે કારણથીજ પૃથ્વી વાસ્તવિક રીતે ઉલટી દિશામાં એટલે પશ્ચિમથી પૂર્વભણી ભ્રમણ કરે છે.

૩૯. નિશાળમાં સાધારણ ગોળા હોય છે તેવો એક ગોળો લો. અને ફેરવતા હો તેમ એને ફેરવો, એટલે જેમ ભ્રમરડાનો આંસ ઊભો હોય છે તેમ એનો આંસ ઊભો રાખો. એ ગોળાને ફેણી મેર ફેરવવો ? ગોળાનું જમણું પૃષ્ઠ તમારી આગળથી જાય એવી રીતે તમારા જમણા હાથવતી ગોળાને ગતિ આપો. એટલે જે દિશામાં ખરેખરી પૃથ્વી ફરે છે તે દિશા એ ગોળો દર્શાવે છે.

§ ૫.—પૃથ્વી દિવસમાં એક ફેરો ફરે છે.

૪૦. પૃથ્વીને બદલે નારંગીને અધારા ઓરડામાં લઈ જાઓ

અને સૂર્યને ઠેકાણે દીવો મૂકો; નારંગીના મધ્ય બિંદુમાં થઈ એક સોયો ઘોંચી તે સોયાને પછી ટાંકણી ઘોંચવાની ગાદીમાં બિભો ઘોંચો; એક નાની ટાંકણી પણ નારંગીની અંદર નેટલી પેશી જાય એટલી ઘોંચવી; એટલે તેનું માથું પૃથ્વીપરથી જો-નારા માણસને હાથે થશે.



ચિત્ર ૧૦ મું.—પૃથ્વીના ભ્રમણથી દહાડો રાત શી રીતે થાયછે તે દેખાડનારો પ્રયોગ.

ધડીઆળના કાંટા જે દિશામાં ફરેછે તેની ઉલટી દિશામાં નારંગી હળવે હળવે ગોળ ફરે, ચિત્ર ૯ મું, એવી રીતે સોયાને ફેરવો.

૪૧. હવે શું થાયછે તે જુઓ. પહેલું તો નારંગીપર બે બિંદુ થશે તેઓમાં થઈ સોયો જાયછે. એ બિંદુઓ ફરતાં નથી અને તેમને ધ્રુવ કહેછે. આપણે ઉપલા બિંદુને ઉત્તર ધ્રુવ અને નીચલા બિંદુને દક્ષિણ ધ્રુવ કહીશું; એ ધ્રુવને જોડનારી લીટીને ઘરી અથવા આંસ કહીશું; એ આંસને હાથે આપણો સોયો છે. ધ્રુવથી બધી મેર સમાન અંતરે નારંગીના મધ્ય ભાગની આસપાસ એક ગોળ લીટી દોરો; આ લીટીને આપણે વિષુવવૃત્ત કહીશું. ટાંકણીનું માથું આ લીટીની થડમાં અંતે સૂર્યને હાથે મૂકેલા દીવાની સામે રાખો. નારંગીના અડધા ભાગપર દીવાનું અજવાળું પડશે અને

બાકીના અડધા ભાગપર અંધાઈ રહેશે. અજવાળું તે દિવસ અને અંધાઈ તે રાત.

૪૨. હવે સોયાને હળવે ફેરવો એટલે તમારા જોવામાં આવશે કે ટાંકણીનું માથું નારંગીના જે અડધા ભાગપર પ્રથમ અજવાળું પડ્યું હતું તેની કેવળ મધ્યમાં નહોતાં પણ ગોળમાં નારંગી ફેરે છે તેવારે પ્રકાશિત ભાગની કોરે દૃષ્ટિએ પડશે; જરાક વધારે ફેરવશે તો તેનાપર બિંદુકુલ પ્રકાશ પડશે નહિ,—દીવો આથમ્યો છે. નારંગીને બીજા પણ ગોળમાં ફેરવો એટલે ટાંકણીનું માથું કાળા ભાગની મધ્યમાં આવેલું અને દીવાની બરાબર સામે વળેલું દેખાશે; બીજા પણ ગોળમાં ફેરવો એટલે ટાંકણીનું માથું દીવાના અજવાળામાં આવે છે—દીવો ઉદય પામ્યો છે. બીજા પણ ગોળમાં ફેરવો એટલે નારંગી એક ફેરો ફરી રહે છે અને દીવાનો પ્રકાશ પહેલાંની પેઠે પાછો છેક માથાપર પડે છે.

૪૩. માટે નારંગીને માત્ર ગોળ ફેરવ્યાથી દીવો ટાંકણીના માથાપર થઈને ગયો, આથમ્યો, અને બળ્યો, અને તેની તેજ બળ્યાએ પાછો આવ્યો, એવું દેખાયું.

૪૪. એજ પ્રમાણે પૃથ્વીનું સમજવું. જેવી રીતે નારંગી ફરી તેવીજ રીતે સોયાની આસપાસ ન ફરતાં ધ્રુવમાં થઈને જનારી કલ્પિત ધરીની આસપાસ પૃથ્વી ફેરે છે.

૪૫. એમ દિવસ અને રાત થાય છે, અને હરકોઈ વેળા જે સ્થળે સૂર્ય હોય છે તેજ સ્થળે બીજે દિવસે ફરીને આવતાં ચોવીસ કલાક લાગતા બાસે છે તેપરથી આપણે જાણીએ છીએ કે અરેખરૂં તો પૃથ્વીને પોતાની ધરીપર એક ફેરો ફરતાં ચોવીસ કલાક લાગે છે. (કલમ ૪૧.)

૪૬. હવે આપણે નિશાળમાંના પૃથ્વીના ગોળાનો ફરીને ઉપયોગ કરીએ. એક ગોળો લો અને તેના મધ્ય બિંદુની સપાટીએ તેનાથી થોડાક ફુટને છેટે દીવો મૂકો. એ ગોળાની ધરીને બીજી રાખી તેને ફેરવો, તેને સ્થિર રાખીશું અથવા ઝડપથી ફેરવીશું

તોપણ દીવા બણીના અડધા ભાગપર અજવાળું પડશે અને દીવાથી આધેના ભાગપર અંધાઈ રહેશે. ગોળો સ્થિર હોયછે ત્યારે એક પડખાનાં સ્થળોપર અજવાળું પડેછે અને સામેના પડખાનાં સ્થળોપર અંધાઈ રહેછે. તમે ગોળાને જેમ જેમ ફરવોછો તેમ તેમ પ્રત્યેક સ્થળ અનુક્રમે અજવાળામાં આવી પાછું અંધારામાં જાયછે. અને દીવો સ્થિર રહેછે, તથાપિ ગોળાના ભ્રમણથી તેના પૃષ્ઠના દરેક ભાગપર વારા ફરતી અજવાળું અને અંધાઈ પડેછે.

૪૭. હવે નિશાળના નાના ગોળાને બદલે પૃથ્વી ધારો અને થોડા અજવાળાવાળા દીવાને ઠામે મહાન્ સૂર્ય ધારો. તો ધરીપર પૃથ્વીના ભ્રમણથી દરેક દેશમાં વારા ફરતી અજવાળું અને અંધાઈ શી રીતે થાયછે તે તમારા લક્ષમાં આવશે.

૪૮. નારંગીમાં ઘોંચેલા સોયાને બદલે અને ગોળાના સળિયાને ઠામે પૃથ્વીની અંદર ઘર્ષને ખરેખરો દાંડો જાયછે અને પૃથ્વી તેની આસપાસ ફરેછે એવું તમારે ધારવું નહિ. પૃથ્વીની ધરી માત્ર કલ્પિત લીટી છે અને સામંસામાં જે બે બિંદુએ એ લીટી પૃષ્ઠને અડકેછે અને એ ધરી નજરે દેખાય એવી હોત તો જે બિંદુએ એ દાંડાના છેડા બહાર નીકળત તે બિંદુઓને પૃથ્વીના ગોળાપર અને ખુદ પૃથ્વીપર ઉત્તર ધ્રુવ અને દક્ષિણ ધ્રુવ અદ્યાપિ કહેછે.

૪૯. માટે આ ધરીની આસપાસ પૃથ્વી દર ચોવીસ કલાકે એક ફેરો ફરેછે. એ વખતે સૂર્ય આકાશમાં સ્થિર હોઈ સદા એક સરખો પ્રકાશેછે. પરંતુ પૃથ્વીના જે ભાગ હરકોઈ ક્ષણે તેની બણી વળેલા હોયછે તે ભાગપર માત્ર પ્રકાશ પડેછે. તમે દીવાની સામે પ્રથમ નારંગી મૂકી અને પછી ગોળો મૂક્યો તેવારે જેમ એક બાજુ પ્રકાશવાળી અને બીજી નિસ્તેજ હતી તેમ પૃથ્વીની એક બાજુ સદા પ્રકાશિત અને એક બાજુ નિસ્તેજ હોવી જોઈએ. હવે પૃથ્વીને ગતિ ન હોત તો તેના અડધા પૃષ્ઠપર કદી પ્રકાશ પડત નહિ અને અડધું પૃષ્ઠ કદી

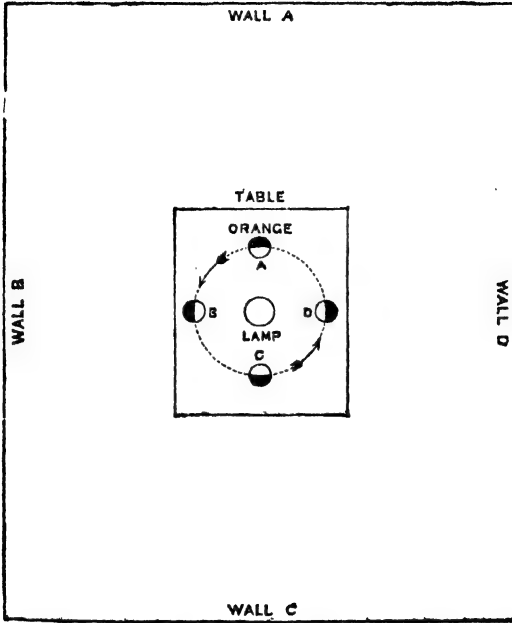
અંધારામાં રહેત નહિ એ તમારા લક્ષમાં સહજ આવશે. પરંતુ તે ફરેછે તેથી પ્રત્યેક ભાગ વારા ફરતી અજવાળામાં અને અંધારામાં આવેછે. આપણને સૂર્યનો પ્રકાશ મળેછે ત્યારે દિવસ હોયછે અને આપણે નિસ્તેજ આગ્નૂપર હોઈએ છીએ ત્યારે રાત્રિ હોયછે.

૫૦. સૂર્ય પૂર્વથી પશ્ચિમ ભણી જતો દેખાયછે. ૩૯ મી કક્ષમમાં જે કારણ આપ્યું છે તે કારણને લીધે પૃથ્વીની વાસ્તવિક ગતિ એનાથી કેવળ ઉલટી છે, એટલે તે પશ્ચિમથી પૂર્વ ભણી ફરેછે. પ્રાતઃકાળે આપણે સૂર્યના પ્રકાશમાં આવીએ છીએ તે પૂર્વમાં દેખાય છે. સૂર્ય ધીમે ધીમે આકાશમાં ઊંચો ચઢી અપેરે ઊંચામાં ઊંચો આવેલો ભાસેછે, અને ધીમે ધીમે નીચો જઈ પશ્ચિમમાં આથમેછે એટલે પૃથ્વીના ભ્રમણને લીધે આપણે પાછા અંધારામાં જઈએ છીએ. જેમ દિવસે સૂર્ય ઊગેછે અને આથમેછે તેમ તારા રાત્રે એક પછી એક ઊગેછે અને આથમેછે તેપરથી રાત્રિએ પૃથ્વીની ગતિ આપણા નજીવામાં આવેછે.

§ ૬.—પૃથ્વીનું પોતાની ધરી ઉપર ભ્રમણ એજ માત્ર તેની ગતિ નથી.

૫૧. હવે સંભવેછે કે આ સત્યો વિષે તમારી ખાતરી થઈ હશે. ૧. પૃથ્વી ગોળ છે. ૨. પૃથ્વી ભ્રમરડાની પેઠે ફરેછે, અને ૩. એ રીતે ફરતી નહોત તો રાત્રિ દિવસ થાય નહિ, તેથી એ ભ્રમણને લીધે રાત્રિ દિવસ અનુક્રમે નિયમસર થયાં કરેછે.

૫૨. તો આપણે ઠીક સિદ્ધ કર્યું કે પૃથ્વીને એક ગતિ છે. હવે પ્રશ્ન એ ઊઠેછે કે તેને એક કરતાં વધારે ગતિ છે કે નહિ? આ પ્રશ્નનો નિર્ણય શી રીતે કરીએ? વાઝ જે ફેરફાર આપણી દૃષ્ટિએ પડેછે તે સઘળા આ એક ગતિને લીધે થાયછે કે નહિ તે પ્રથમ જોઈએ.



ચિત્ર ૧૧ મું.—સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વીના ભ્રમણની સમજૂતી.

૫૩. આપણે ફરીને દીવો અને નારંગી લઈએ, અને ભીંત-પર પુષ્કળ છબીઓ ટાંગેલી હોય એવા ઓરડામાં તે છે એમ ધારીએ. તમે વિચારમાં પડશો કે છબીઓનું શું કામ હશે? તો એ છબીઓ આકાશમાંના તારાને હામે સમજવી. જે અવકાશમાં પૃથ્વી અને સૂર્ય છે તે અવકાશની ચોમેર ફરતા તારા છે, તેઓને આપણે દિવસે જોઈ શકતા નથી તેનું કારણ એ કે સૂર્યનું તેજ ઘણું છે. માટે દીવાની અને નારંગીની આસપાસ છબીઓ રાખીએ તો તેઓ તારાને હામે કામ લાગે. છત અને ભોંયતળીઆ -પર પણ છબીઓ મૂકવી તો જોઈએ, પરંતુ ત્યાં પણ છબીઓ મૂકેલી છે એવું આપણે માની લઈએ.

૫૪. હવણા દીવો સ્થિર છે તથા નારંગી સ્થિર છે એમ ધારો. એને ફેરવશો પણ નહિ. એટલે પાછળ કહ્યા પ્રમાણે નારંગીને પૃથ્વી ધારીશું, અને દીવાને સૂર્ય ધારીશું તો નારંગીનો જે ભાગ દીવાવડે દર્શાવેલા સૂર્ય બણી હશે તે ભાગપર નિરંતર દિવસ હશે અને દીવો (સૂર્ય) તેને તેજ સ્થળે સદા દેખાશે; જે ભાગ સૂર્યથી વિમુખ હશે તે ભાગમાંથી તેની તેજ છળીઓ (તારા) તેને તેજ સ્થળે નિરંતર દૃષ્ટિએ પડશે. પ્રકાશ અને છાયાની હદની થડમાંના નારંગી (પૃથ્વી) ના ભાગમાંથી તેના તેજ દીવો (સૂર્ય), છળીઓ (તારા) તેને તેજ સ્થળે ક્ષિતિજ (કલમ ૨૭) ની સમીપ નિરંતર નજરે પડશે.

૫૫. હવે પૃથ્વી હપરથી જોનારને ઠામે નારંગીના વિષુવ-વૃત્ત (કલમ ૪૧) માં ટોચ લગી ટાંકણી ઘોંચો, પૃથ્વીનું ભ્રમણ દર્શાવવાને નારંગીને ગોળફેરવો, અને જુઓ કે જે વેળા ટાંકણીના માથાવડે દર્શાવેલો જોનાર પ્રકાશવાળા અર્ધભાગની મધ્યમાં હોયછે તે વારે કેવળ સામેનો ભાગ નિસ્તેજ અર્ધ ભાગની મધ્યમાં હોયછે, તથા નારંગીને અડધો આંટો ફેરવ્યાથી ટાંકણીનું માથું પ્રકાશિત ભાગના મધ્યમાંથી નિસ્તેજ ભાગના મધ્યમાં આવેછે. હવે આ બે સ્થિતિ—એટલે પ્રકાશિત અર્ધ ભાગનું મધ્ય અને નિસ્તેજ અર્ધ ભાગનું મધ્ય—પૃથ્વીના ભ્રમણને લીધે મધ્યાન્હે અને મધ્યરાત્રે સૂર્યના સંબંધમાં જે સ્થિતિમાં જોનાર હોયછે લગભગ તે સ્થિતિ દર્શાવેછે.

૫૬. એ પરથી તમારા લક્ષમાં ઝટ આવશે કે સૂર્ય અને પૃથ્વી પોતપોતાનાં સ્થળમાંથી ન ખસે તો અમુક તારા મધ્ય, રાત્રે, અમુક તારા પ્રાતઃકાળે અને અમુક તારા સાયંકાળે નિરંતર દૃષ્ટિએ પડે.

૫૭. આ બાબતનું ચિત્રોની મદદથી સારી પેઠે મનન કરો, કારણ કે એ બાબત સ્પષ્ટ સમજવાની ઘણી અગત્ય છે.

૫૮. હવે મધ્યરાત્રે તેના તેજ તારા સદા દૃષ્ટિએ પડે છે એ સત્ય છે? ના. તો સત્ય શું છે?

(૧). ઝિનાળામાં મધ્ય રાત્રે આકાશમાં તારા નિહાળીએ છીએ અને ફરીને શિયાળામાં તેજ સમયે જોઈએ છીએ તો ભિન્ન ભિન્ન તારા દૃષ્ટિએ પડે છે. તો છ માસમાં ઘણો ફેર જણાય છે.

(૨). ઘણા દિવસ લગી લાગલાગટ મધ્ય રાત્રે તારા ભણી નજર કરીએ છીએ તો તેમને હળવે હળવે પશ્ચિમ ભણી જતા ભાળીએ છીએ. તો થોડા દિવસમાં લગીર ફેર પડે છે.

(૩). એક વર્ષ વીત્યા કેડે તેના તેજ તારા મધ્ય રાત્રે દૃષ્ટિએ પડે છે.

૫૯. હવે જે દિશામાં પૃથ્વી ફરે છે તેજ દિશામાં નારંગીને દીવાની આસપાસ ફેરવો, એટલે એ પરથી તમામ બનાવોનો ખુલાસો મળે છે એવું સહજ સમજશે.

૬૦. મેં ૧૧ મા ચિત્રમાં દીવો, નારંગી, મેજ, અને ઓરડો એઓનું ચિત્ર આપ્યું છે. તે તમે ઉપરથી જુઓ એમ ધાર્યું છે. નારંગી પ્રથમ A આગળ છે એમ ધારો. તો નિસ્તેજ બાજુપરથી જોનારાને મધ્યરાત્રે સૂર્યની સામેના તારા એટલે A દીવાલ પરની છબીઓ દેખાશે; B આગળ મધ્ય રાત્રે સૂર્યની સામેના તારા એટલે B દીવાલ પરની છબીઓ દૃષ્ટિએ પડશે; તેથી પહેલાં જે તારા દેખાતા હતા તેના તેજ તારા દેખાતા નથી. એજ પ્રમાણે C અને D આગળ C અને D બીજો પરની છબીઓ દેખાશે.

૬૧. હવે ખીજું મારે તમને એ બતાવવું જોઈએ કે જે પરિણામ આપણા જોવામાં આવે છે અને જેનાં કારણો આપણે આપ્યાં છે તેજ પરિણામ પૃથ્વીની આસપાસ ઉલટી દિશામાં સૂરજને ફરતો ધારવાથી પણ નીપજે. પરંતુ આપણે જાણીએ છીએ કે સૂર્યની આસપાસ વાસ્તવિક ફરનાર પૃથ્વી છે. સૂર્ય પૃથ્વીની આસપાસ ફરતો નથી.

§ ૭.—પૃથ્વી વર્ષમાં એકવાર સૂર્યની આસપાસ ફરેછે.

૬૨. તો પૃથ્વી પોતાની ધરી ઉપર દિવસમાં એકવાર ફરે-
છે એટલું જ નહિ, પરંતુ સૂર્યની આસપાસ પણ ફરેછે. પૃથ્વીના
હરકોઈ ભાગમાંથી, ભરતખંડ, ઇંગ્લાંડ, અમેરિકા, અથવા
આસ્ટ્રેલિયામાંથી, મધરાતે અથવા પ્રત્યેક રાત્રિએ તેને તેજ
કલાકે જોતાં દૃષ્ટિગોચર તારા નિરંતર બદલાયછે તેનું કારણ
એ રીતે આપણા જાણવામાં આવ્યું. વળી એવું પણ માલૂમ
પડ્યું કે તેઓમાં થોડી રાત્રે અતિ અદ્ય ફેર જણાયછે, છ
માસમાં ધણો વધારે જણાયછે, અને બાર મહીના કેડે તેના
તેજ તારા પાછા તેને તેજ સ્થળે દેખા દેછે.

૬૩. હવે વિદ્યાર્થી ફરીને નારંગી અને દીવાનો ઉપયોગ કરી
જોશે તો જણાશે કે પૃથ્વી પોતાની ધરી ઉપર એક દિવસમાં
ફરી રહેછે તૈવીજ રીતે તે સૂર્યની આસપાસ એક વર્ષમાં પ્રદક્ષિણા
કરેછે.

૬૪. કારણ, એ સ્પષ્ટ છે કે સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વીને ફરી
રહેતાં માત્ર છ મહીના લાગે તો છ મહીનામાં તેના તેજ તારા
મધ્ય રાત્રીએ દેખાય, અને હરકોઈ બીજો સમય તમે બતાવો તે
સમયમાં પણ એજ પ્રમાણે દેખાય. તો વર્ષની ઉત્પત્તિ આ
પ્રમાણે છે. સૂર્યની આસપાસ ફરવાના માર્ગમાં તેને તેજ સ્થળે
પાછા આવતાં પૃથ્વીને જે કાળ લાગેછે તેને વર્ષ કહેછે.

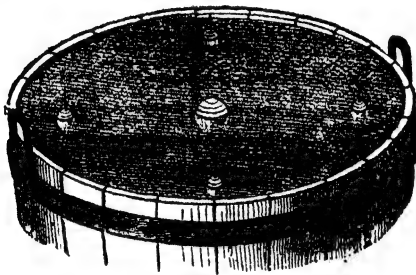
§ ૮.—પૃથ્વીની બન્ને ગતિ એકજ સપાટીમાં નથી.

૬૫. તમારામાંના કોઈ એવો પ્રશ્ન પૂછે કે “ સૂર્યની આસ-
પાસ પૃથ્વી શી રીતે ફરેછે ? તે ઠેકડા મારેછે, કે ઊંચી નીચી
જાયછે, કે સદા સરખી રીતે એકજ સપાટીમાં ફરેછે ” ? હું
કહું છું કે ધણા સપાટ ઘોડઘોડના રસ્તાપર ઘોડા દોડેછે તેમ
પૃથ્વી સરળ રીતે અને સદા એકજ સપાટીમાં ફરેછે. આ બિ-
ના યથાસ્થિત સમજવા માટે અતિ વિસ્તીર્ણ સમુદ્ર લેઈ તેમાં

પૃથ્વી અને સૂર્ય અડધાં બૂડેલાં તરેછે એમ ધારો; પછી પૃથ્વીને લગભગ ગોળ માર્ગમાં સૂર્યથી લગભગ સમાન અંતરે સદા રહી સૂર્યની આસપાસ વર્ષમાં એકવાર ફરતી ધારો.

૬૬. હવે પાંચ ગોળા લો. ચાર ગોળા સરખા લેવા અને પાંચમો ગોળો સૂર્ય દર્શાવવાને તેમનાથી મોટો લેવો. તેઓમાં એટલો ભાર ભરવો કે પાણીમાં તેઓ અડધા બૂડેલા રહે, અને પછી ૧૨ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે પાણી ભરેલા કૂંડામાં તેઓને મૂકો.

૬૭. હવે આપણી પાસે સૂર્યતું અને વાર્ષિક ભ્રમણમાં પૃથ્વી ચાર ઠેકાણે હોયછે તેતું ચિત્ર થયું. પૃથ્વીની ગતિ સરળ છે એટલુંજ નહિ, પરંતુ તેની ગતિ એકજ સપાટીમાં છે, એ મારે તમને સમજાવવું છે; કૂંડામાંના પાણીના પૃષ્ઠને અથવા ગંભીરના સપાટ પૃષ્ઠને સપાટી કહેછે; અને પાણીમાં ગોળા બરાબર અડધા બૂડેલા હશે તો જેમ તેમનાં મધ્ય બિંદુઓ પાણીની સપાટીમાં હશે તેમ જ સપાટીમાં પૃથ્વી ફરેછે તે સપાટી પૃથ્વી અને સૂર્યનાં મધ્ય બિંદુઓમાં થઈને જાયછે.



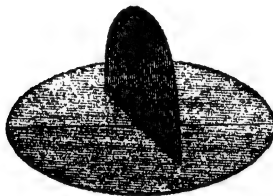
ચિત્ર ૧૨ મું.—ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી.

વળા પાણીના સપાટ પૃષ્ઠવડે દર્શાવેલી સપાટીને ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી કહીએ.

૬૮. તો આ પરથી સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વીના વાર્ષિક ભ્રમણની સપાટી નક્કી થઈ ; ક્રાંતિવૃત્તની આ સપાટી પૃથ્વીની ઘોડ-દોડ છે. પોતાની ધરીપર પૃથ્વીની દૈનિક ગતિની સપાટી અથવા વિષુવવૃત્તની સપાટી જોડે આ સપાટીને શો સંબંધ છે તે આપણે જોઈએ.

૬૯. હવે સ્પષ્ટ છે કે પૃથ્વીની ધરી ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીપર ઊભી છે અથવા તેની જોડે “ કાટખૂણો ” કરેછે એમ ધારીએ તો જે ધરીપર પૃથ્વી ફરેછે તેની સપાટી અને સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વીની ગતિની સપાટી એકજ થશે. આ પ્રકાર ૧૨ મા ચિત્રમાં દર્શાવેલો છે.

૭૦. પરંતુ આ સપાટીઓ શું એકજ છે? તેઓ એકજ છે એમ ધારીએ. નાના ગોળામાંના એકમાં ટાંકણી ઘાંચી કડીનો ભ્રમરડો કે ચકરડી ફરવીએ છીએ તેની પેટે ઊભો ફરવો. સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વી એજ પ્રમાણે ફરેછે. તમારા જોવામાં આવશે કે આવું અનુમાન કરવાથી દિવસ સદા સરખા લાંબા



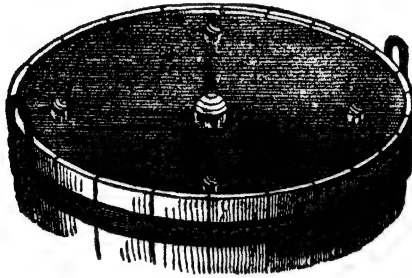
ચિત્ર ૧૩ મું.—જે સપાટી એક એકને કાટખૂણે છેદેછે.



ચિત્ર ૧૪ મું.—જે સપાટી એક એકને ત્રાંસી છેદેછે. થશે, કારણ કે પ્રકાશ અને છાયાંની સીમા અને ધ્રુવમાં થઈને જશે; માટે ભ્રમણની ગતિ સમાન હોત તો પૃથ્વીના

પૃથ્વના પ્રત્યેક ભાગમાં સરખો કાળ પ્રકાશ અને અંધારું રહેત. પરંતુ અધા દિવસ સરખા લાંબા હોતા નથી; શિયાળામાં દિવસ ટૂંકા અને રાત લાંબી, અને ગિનાળામાં દિવસ લાંબા અને રાત ટૂંકી હોયછે; અને વળી ઇંગ્લાંડ અને અમેરિકામાં શિયાળો હોયછે તેવારે આસ્ટ્રેલિઆમાં ગિનાળો હોયછે.

૭૧. એ કારણથી બંને ગતિની સપાટીઓ એકજ હોઈ શકે નહિ; પરંતુ ૧૪ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે તેમને પરસ્પર ઢળતી માનીએ તો તમામ બનાવોનો ખુલાસો મળી શકે; માટે સૂર્યની આસપાસ ફરવામાં પૃથ્વીની ધરી વાસ્તવિક રીતે કેવી રહેછે તે ૧૫ મા ચિત્રમાં નાના ગોળાવડે દર્શાવ્યું છે; એ ગોળા ૧૨ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે ગિભા ફરતા નથી, પરંતુ તેમના આંસ ઢળતા છે.



ચિત્ર ૧૫મું.—પૃથ્વી અને તેની દૈનિકગતિનો ઢળતો આંસ.

§ ૯.—દિવસ અને રાત્રિ શા કારણથી અસમાન છે.

૭૨. હવે ટૂંકું મૂકી દેઈ ફરીને દીવો અને નારંગી લેઈએ. યાદ રાખવું કે ૧૦ મા આકૃતિમાં સોયાને ગિભો રાખ્યો હતો તેમ રાખવો ન જોઈએ અને જે ક્ષિતિજસમસૂત્ર સપાટીમાં દીવાના મધ્ય બિંદુને અને નારંગીના મધ્ય બિંદુને જોડનારી લીટી આવેલી છે તે ક્ષિતિજસમસૂત્ર સપાટી વડે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી દર્શાવેલી છે.

૭૩. આપણે રાત્રિ અને દિવસનું કારણ પાછળ આપી ગયા. હવે વર્ષની જુદી જુદી ઋતુઓમાં તેઓ શા કારણથી લાંબાં ટૂંકાં થાયછે તે સમજાવીએ. અગાઉની પેઠે આરડાના મધ્ય ભાગે મેજપર દીવો મૂકા, અને સોયાનો ઉપલો છેલ્લો દીવાથી થોડેક છેટે ઢળતો રાખી પહેલાંની પેઠે નારંગીને તેટલીજ જાંચી રાખો. આપણે સોયાના ઉપલા છેડાને ઉત્તર ધ્રુવ કહીએ.

૭૪. હવે નારંગીને ગોળ ફેરવશો તો જણાશે કે નારંગીને જે ભાગ ઉત્તર ધ્રુવની થડમાં છે તેપર પ્રકાશ પડતો નથી અને દક્ષિણ ધ્રુવની આસપાસના ભાગપર સદા પ્રકાશ પડેછે. નારંગીને ગમે તેટલી ઝડપથી ફેરવશો તોએ એજ પ્રમાણે થશે; પરંતુ વિષુવવૃત્તની પાસેના ભાગોપર અગાઉની પેઠે વારા ફરતી અજવાળું અને અંધારું પડેછે. હવે ઉત્તર ધ્રુવની સમીપ જાબા રહીને જોનારને હામે નારંગીમાં એક ટાંકણી ઘોંચી ફરીને નારંગીને ફેરવશો તો તમારા જોવામાં આવશે કે તે જોનાર પ્રકાશિત ભાગમાં કદી આવતોજ નથી; દક્ષિણ ધ્રુવની પાસે ટાંકણી ઘોંચશો તો તે જોનારની નજરે સદા દીવો પડશે. માટે સૂર્યના સંબંધમાં પૃથ્વીની આ સ્થિતિ હોયછે ત્યાંલગી ઉત્તર ધ્રુવ આગળના માણસને સદા રાત્રિ અને દક્ષિણ ધ્રુવ આગળના માણસને સદા દિવસ હોયછે.

૭૫. વિષુવવૃત્ત અને ઉત્તર ધ્રુવની વચ્ચે લગભગ મધ્ય ભાગે નારંગીમાં ફરીને ટાંકણી ઘોંચી નારંગીને ફેરવશો તો તમારા જોવામાં આવશે કે જેમ નારંગીની જોડે ટાંકણી ગોળ ફરેછે તેમ નારંગીના પ્રકાશિત ભાગપર તેની મુસાફરી જેટલી લાંબી હોયછે તેના કરતાં જે ભાગપર પ્રકાશ પડતો નથી તે ભાગપર વધારે લાંબી મુસાફરી હોયછે. એ કારણથી એ બિંદુએ દિવસ કરતાં રાત વધારે લાંબી હોયછે, અને ટાંકણીને ઉત્તર ધ્રુવની જેમ વધારે થડમાં રાખશો તેમ

તેનાપર થોડીવાર પ્રકાશ રહેશે અને તે છેક ઉત્તરમાં જાય છે એ-
ટલે તેનાપર બિલકુલ પ્રકાશ પડતો નથી.

૭૬. પરંતુ એ ટાંકણીને નારંગીના ઉત્તરાર્ધમાં વિષુવવૃત્તની
જેમ વધારે થડમાં મૂકાછો તેમ વધારે વાર લગી પ્રકાશમાં તે
રહેછે, અથવા દિવસ વધારે લાંબા અને રાત વધારે ટૂંકા
થાયછે, તથા પ્રકાશમાં અને અધારામાં કરેલી મુસાફરી વિષુવ-
વૃત્તપર બરાબર સરખી હોયછે, એટલે દિવસ અને રાત્રિ કેવળ
સમાન હોયછે.

૭૭. વિષુવવૃત્તની દક્ષિણ બાજુએ એનાથી કેવળ ઊલટું
બનેછે; ટાંકણીને દક્ષિણ ધ્રુવ બાજી જેમ વધારે ખસતી રાખો-
છો તેમ પ્રકાશમાં વધારે વાર લગી તે મુસાફરી કરેછે અને
ધ્રુવ આગળ તેનાપર કદી અધાર પડતું નથી.

૭૮. હવે સોયાને દીવાથી વધારે ઢળતો રાખશો તો હર-
કોઈ સ્થળે ટાંકણી મૂકશો ત્યાં દિવસ અને રાત્રિ વધારે વધારે
અસમાન થતાં જણાશે. માત્ર વિષુવવૃત્તમાં તેઓ સમાન રહેશે.
એને દીવાથી ઓછો ઢળતો રાખશો તો એ અસમાનતા ઓછી
થશે; માટે તે છેક ઊભો હોયછે તે વારે નારંગીના બધા ભાગ.
પર રાત્રિ દિવસ સમાન હોયછે. તમે જાણોછો કે ઇંગ્લાંડ દેશ
વિષુવવૃત્તની ઉત્તરે વિષુવવૃત્ત અને ધ્રુવની લગભગ મધ્ય ભાગે,
પરંતુ વિષુવવૃત્ત કરતાં ધ્રુવની કાંઈક વધારે થડમાં છે; અને
તમને આ પણ ખબર છે કે શિયાળામાં રાત્રિ કરતાં દિવસ
બહુ ટૂંકા હોયછે, અને એ માટે જેવી રીતે અને જે દિશામાં
નારંગીની ધરી વાંકી છે તેવી રીતે અને તે દિશામાં પૃથ્વીના
આંસને વાંકો ધારવાથી એનું કારણ સહજ જાણવામાં આવેછે.
માટે નારંગીની જે સ્થિતિ વિષે ઉપર કહી ગયા તે સ્થિતિમાં
શિયાળામાં પૃથ્વી હોયછે.

૭૯. પરંતુ ઇંગ્લાંડમાં કાંઈ હમેશા શિયાળો હોતો નથી
અને શિયાળો કેટલે વસંતઋતુ આવેછે તે વારે તા. ૨૨ મી માર્ચે
દિવસ અને રાત્રિ સરખાં થાયછે; પછી બીજા ત્રણ મહિનામાં

જનાળો ખેસેછે તે વારે રાત્રિ કરતાં દિવસ મોટા હોયછે; શિયાળામાં ને બનેછે તેનાથી એ કેવળ જલદું છે. શરદ્ ઋતુમાં તા. ૨૨મી સપ્ટેમ્બરે દિવસ અને રાત્રિ પાછાં સમાન હોયછે. આમ થવાનું શું કારણ? આપણે ફરીને નારંગી બેઈ એ વિષે વિચાર કરીએ; નારંગીની ધરીનો વાંક ઓછો ઓછો કરી વસંત ઋતુ દર્શાવવાને તેને છેક જમી રાખીએ અને પછી જનાળો દર્શાવવાને તેને દીવા બણી ઢળતી રાખીએ, કારણ કે ઉપર



ચિત્ર ૧૬ મું.— ઉત્તરાયનમાં, એટલે તા. ૨૨મી જૂને (લંડન શહેરમાં મધ્યાહ્ને) સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.

ને કહી ગયા તે પરથી તમારા જોવામાં આવશે કે ઉત્તર ધ્રુવ દીવાથી વિમુખ હોયછે તો દિવસ કરતાં રાત્રિ મોટી હોયછે; તે છેક જમો હોયછે તેવારે તેઓ સમાન હોયછે અને દીવાની તે સન્મુખ હોયછે તે વારે રાત્રિ કરતાં દિવસ મોટા હોયછે; પરંતુ

પૃથ્વીની ધરીની દિશા એ રીતે ફરતી નથી, કારણ કે એ દિશા વરસના બધા સમયે ધ્રુવ નામે તેના તેજ તારા બહુ લગભગ આપણા જોવામાં સદા આવેછે.

૮૦. માટે આપણે ખીજી રીત ધ્યાનમાં લેએ. ધરીને તેની તેજ દિશામાં વળેલી રાખી, અથવા વધારે વાસ્તવિક કહીએ તો, સોયા વતી દર્શાવેલી ધરીને સદા તેની આગલી સ્થિતિને સમાંતર રાખી ધડીઆળના કાંટા જે દિશામાં ફરેછે તેની બીજી દિશામાં નારંગીને દીવાની આસપાસ ફરવો ; નારંગીને



ચિત્ર ૧૭ મું.—દક્ષિણાયનમાં, એટલે તા. ૨૨ મી ડીસેમ્બરે (લંડન શહેરમાં મધ્યાહ્ને) સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.

તેની ધરીપર ફરવતા ફરવતા દીવાની આસપાસ ફરવાના આખા ગોળના એક ચતુર્થાંશમાં લેઈ જાઓ અને અગાઉની પેઠે દહાડો રાતની લંબાઈ ઊંચી હોયછે તે જુઓ; તમારા જોવામાં આવશે કે બંને ધ્રુવ પ્રકાશિત અને નિસ્તેજ અર્ધ ભાગને

વિખૂટા પાડનારી હદમાં હોયછે, અને નારંગીના પ્રત્યેક ભાગનો પ્રકાશ અને અંધારામાં ફરવાનો કાળ સરખો હોયછે. આ સ્થિતિમાં પૃથ્વી આવેછે તે વારે વસંત ઋતુનો આરંભ એટલે તા. ૨૨ મી માર્ચ હોયછે.

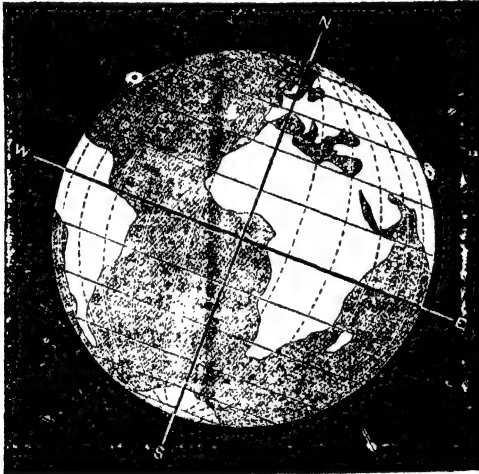


ચિત્ર ૧૮ મું.—મહાવિષુવમાં એટલે તા. ૨૨મી માર્ચે (લંડન શહેરમાં મધ્યાન્હે) સૂર્યમાંથી નેતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.

૮૧. નારંગીને દીવાની આસપાસ ખીજે પા ગોળ ફેરવો ; તો તમારા નેવામાં આવેછે કે ઉત્તર ધ્રુવ દીવાબણી વળેલો હોયછે અને વિષુવવૃત્તની ઉત્તરના દરેક સ્થળમાં અથવા ઉત્તર ગોળાર્ધમાં રાત્રિ કરતાં દિવસ મોટો હોયછે એટલે ઊનાજો હોયછે, અને દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં એથી ઊલટું હોયછે. એમ નારંગીને દીવાની આસપાસ અડધો આંટો ફેરવ્યાથી તદ્દન ઊલટો પ્રકાર નેવામાં આવેછે.

૮૨. ખીન્ને પા આંટા ફેરવ્યાથી શરદ્ ઋતુમાં તા૦ ૨૨મી સપ્ટેમ્બરે દિવસ અને રાત્રિ ફરીને સરખાં થાયછે; વળી ખીન્ને એક આંટા ફેરવ્યાથી નારંગી પોતાની અસલની સ્થિતિમાં આવેછે.

૮૩. એજ પ્રમાણે સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વી વર્ષમાં એક ફેર ફેરેછે. પ્રથમ શિયાળા આવી વસંત ઋતુ કેડે ઊનાળા બેસેછે અને ઊનાળા કેડે શરદ્ ઋતુ બેસી ફરીને શિયાળા આવેછે; વસંત અને શરદ્ ઋતુઓમાં દિવસ અને રાત્રિ સમાન હોયછે તે વારે પૃથ્વીની સ્થિતિઓને અયન સિંદુઓ કહેછે.



ચિત્ર ૧૯ મું.—વિષુવદમાં એટલે તા૦ ૨૨મી સપ્ટેમ્બરે (લંડન શહેરમાં મધ્યાહ્ને) સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.

૮૪. વળી તમારા જોવામાં આવશે કે ઉત્તર ગોળાર્ધમાં સૂર્ય ઊનાળામાં ઉત્તર ધ્રુવની આસપાસનાં સ્થળોમાં ક્ષિતિજની ઉપલી ભેર નિરંતર દેખાયછે; કારણ કે પશ્ચિમમાં ન આથમતાં

ક્ષિતિજની ઉપલીમૈર ઉત્તરથી પૂર્વમાં પાછો જતો ગોળ ફરતો દેખાયછે, અને શિયાળામાં તે સદા ક્ષિતિજની નીચલી બાજુએ હોયછે, કદી ઊગતોજ નથી. દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં એજ પ્રમાણે બનેછે, તેથી બંને ધ્રુવમાં છ મહિનાનો દિવસ અને છ મહિનાની રાત હોયછે.

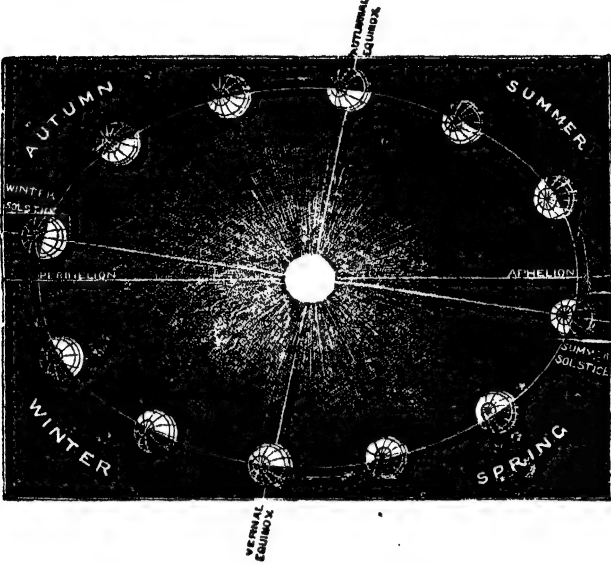
૮૫. વસંતઋતુમાં, ઊનાળામાં, શરદ્ ઋતુમાં અને શિયાળામાં સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીના દેખાવનાં ચાર ચિત્ર મેં આપ્યાંછે. વરસને જુદે જુદે સમયે સૂર્ય જે બિંદુમાં હોયછે તે બિંદુ પ્રત્યેક ચિત્રનું મધ્ય બિંદુ છે. એમાંની દરેક સ્થિતિમાં શાળામાંનો પૃથ્વીનો ગોળો એકવાર ફરેછે એમ ધારશો તો મેં ઉપર જે કહ્યુંછે તે વધારે સ્પષ્ટ સમજશે.

§ ૧૦.—ઋતુઓનો આધાર રાત્રિ દિવસની લંબાઈના અંતર ઉપર છે.

૮૬. દિવસ અને રાત્રિ નાની મોટી થવાનું કારણ તમારા સમજવામાં બરાબર આવ્યું હશે તો ઇંગ્લાંડમાં અને આસ્ટ્રેલિઆમાં એટલે વિષુવવૃત્તની ઉત્તરે અને દક્ષિણે ઊનાળો અને શિયાળો શા કારણથી થાયછે તે પણ તમારા સમજવામાં બરાબર આવ્યું હશે; જે વેળા ઇંગ્લાંડમાં ઊનાળો હોયછે તે વેળા આસ્ટ્રેલિઆમાં શિયાળો હોયછે; અર્થાત્ પૃથ્વીપર ઋતુઓ બદલાય છે, અને ઉત્તર તથા દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં (એટલે વિષુવવૃત્તના ઉત્તર અને દક્ષિણ બાજીના પૃથ્વીના અર્ધ ભાગ-પર) વસંત ઋતુ, ઊનાળો, શરદ્ ઋતુ, અને શિયાળો અનુક્રમે આવ્યાં કરેછે તેનું કારણ તમારા લક્ષમાં બરાબર ઉતર્યું હશે.

૮૭. ઉત્તર અથવા દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં દિવસ લાંબા હોઈ રાત ટૂંકી હોયછે તે વારે તે ગોળાર્ધમાં પ્રત્યેક ચોવીસ કલાકમાં જેટલીવાર સૂર્ય દેખાતો નથી તેનાથી વધારે વાર લગી દેખાયછે, તેથી ઉષ્ણતા ઘણી વધેછે, પરંતુ એ બેમાંના હરકોઈ ગોળાર્ધમાં દિવસ ટૂંકા હોઈ રાત લાંબી હોયછે તે વારે જેટ-

લી વાર સૂર્ય દેખાયછે તેનાથી વધારે કાળ લગી દેખાતો નથી, તેથી ઉષ્ણતાનો અભાવ એટલે શીતળતા વધારે લાગેછે.



ચિત્ર ૨૦ મું.—ઋતુઓની સમજૂતી.

૮૮. શરદ્ ઋતુની પેઠે વસંત ઋતુમાં રાત્રિ દિવસ સમાન હોયછે, તથાપિ શિયાળામાં વિશ્રાંતિ મળ્યાથી વસંતઋતુમાં સૃષ્ટિની શક્તિઓમાં નવું ચૈતન્ય આવેછે તેથી વસંતઋતુ એ વનસ્પતિને નવા અંકુર પૂટવાનો અને શરદ્ઋતુ એ પાન-ખરનો કાળ છે.

§ ૧૧.—સૂર્ય અને તારાની ગતિઓ પૃથ્વીના જુદા જુદા ભાગમાં શા કારણથી જુદી જુદી દેખાય છે.

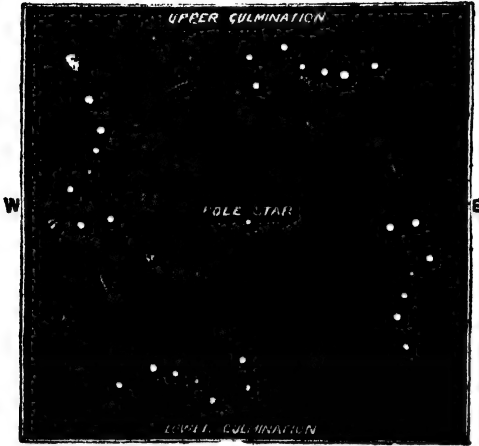
૮૯. પૃથ્વીના જુદા જુદા ભાગમાંથી જોતાં આકાશી પદાર્થોની ગતિઓ શા કારણથી અતિ ભિન્ન ભિન્ન દેખાય છે તે હવે મારે સમજાવવું જોઈએ.

૯૦. ધ્રુવ આગળ છ મહિનાની રાત અને છ મહિનાનો દહાડો તથા વિષુવવૃત્ત આગળ રાત્રિ દિવસ સદા સમાન હોયછે એટલુંજ નહિ, પણ ધ્રુવ આગળના તારા માથાપરના એક બિંદુની આસપાસ ફરતા દેખાય છે, ને તેથી જલદું વિષુવવૃત્ત આગળના તારા મથાળે ચડેછે તેઓ લગભગ સીધા જીગેછે અને આથમેછે; ઇંગ્લાંડ, અમેરિકા અને આસ્ટ્રેલિઆમાં તેઓ વાંકા જીગેછે અને આથમેછે, તેમ વિષુવવૃત્ત આગળ વાંકા જીગતા અને આથમતા નથી.

૯૧. અહિં શી રીતે તારા જીગેછે અને આથમેછે તે આપણે જાણ્યું, પરંતુ પૂર્વ અને પશ્ચિમ ભણીના તારાને બદલે આકાશના બીજા ભાગમાંના તારાની નિરીક્ષા કરી તેઓ શી રીતે ફરેછે તે નિહાળીએ; તમારા જોવામાં આવશે કે ઇંગ્લાંડમાં દક્ષિણ દિશાની થડમાંના તારા દક્ષિણની માત્ર જરાક પૂર્વમાં જગી બરાબર દક્ષિણ ક્ષિતિજની ઉપલીમેર જાંચામાં જાંચા બિંદુએ આવીને દક્ષિણની પૂર્વમાં જોડાયે અંતરે જીગેછે તેટલે અંતરે તેની પશ્ચિમમાં આથમેછે. જે તારા પ્રથમ પૂર્વમાં જીગતા દેખાયછે તેઓ દક્ષિણતરફ ક્ષિતિજથી ઘણા વધારે જાંચા જઈ પાછા પશ્ચિમમાં આથમેછે, ઉત્તરની પાસેના તારા જીગતા નથી તેમ આથમતા નથી; તેઓ ક્ષિતિજની નીચે જતા નથી, પરંતુ ધ્રુવના તારાની આસપાસ ગોળ ફેરા ફરેછે. ૨૧ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે સમન્તરપિ (કે ચિત્રશિખંડી) નામે નક્ષત્રમાંના બે તારા વડે દેખાડયાથી એ તારો ઝટ ઓળખાય છે. એ બે તારાની વચ્ચે થઈને લીટી દોરીએ-છીએ તે લગભગ ધ્રુવના તારા ભણી જાયછે.

૯૨. હવે તારાની ગતિ જુદા જુદા ભાગમાં જુદી જુદી હોયછે તે દેખાડવાને નિશાળમાંનો નાનો પૃથ્વીનો ગોળો લેઈ તેની ધરીને જાલી રાખો, અને હરકોઈ સ્થળની ક્ષિતિજ સ્પષ્ટ બતાવવાને આશરે ઢાંચુ જેઢડું ગંજીકાતું પાતું કાપી તેના મધ્ય બિંદુને ઉપલી ધરી અથવા ઉત્તર ધ્રુવની છેક

થડમાં ગોળા ઉપર ગુંદરવતી ચોંટાડો અથવા બની શકે
તો તેને ધરી ઉપર મૂકો; ધ્રુવમાં અથવા ધ્રુવ આગળ ઊભેલો
માણસ ગંજીદાના પાનાની ઉપલી મેરનો પ્રત્યેક પદાર્થ જોઈ



ચિત્ર ૨૧ મું.—ધ્રુવનો તારો અને સમસ્તપિના તારા.
સમસ્તપિના તારાને છ છ કલાકને અંતરે ચાર
જુદી જુદી સ્થિતિમાં દર્શાવ્યા છે. એ તારા ધ્રુવના
તારાની આસપાસ શી રીતે ફરતા દેખાય છે તે
બતાવ્યું છે.

શકશે, પરંતુ તેની નીચલી મેરનો કોઈપણ પદાર્થ દેખા-
શે નહિ— વસ્તુતઃ પાનાની કોર તે માણસની ક્ષિતિજ
થાય છે. હવે પૃથ્વીની ગતિ દર્શાવવાને ગોળાને ફરવો
અને ભીંતપર ટાંગેલાં ચિત્રો (કલમ ૫૩) વડે દર્શાવેલા
તારા ધ્રુવમાં ઊભેલા માણસને કેવા દેખાય તે નિહાળો.
તમારા જોવામાં ઝટ આવશે કે ગંજીદાનું પાનું પેડાની
પેઠે માત્ર ગોળ ફરે છે. અને જે ચિત્રો તેની ઉપલીમેર
પ્રથમ હતાં તે ત્યાંને ત્યાંજ રહે છે. એજ પ્રમાણે ધ્રુવ આગ-

ળના માણસને તારા ઊગતા કે આથમતા દેખાશે નહિ, પરંતુ ક્ષિતિજથી તેટલાજ ઊંચા અને હોકાયંત્રના બિંદુઓની આસપાસ ફરતા માત્ર દેખાશે. ધ્રુવનો તારો માથાપર રહી તારા તેની આસપાસ ગોળ ફરતા જણાશે. બીંતપર ટાંગેલાં ચિત્રોમાંના કાગળના કડકાની સપાટી (કલમ ૬૭) ની નીચેના એક ચિત્રને સૂર્ય ધારશે. તો તમારા જોવામાં આવશે કે ગોળાને ફેરવ્યાથી તેનો ઉદ્યાસ્ત દેખાડી શકાતો નથી, જેમ ઋતુના ફેરફાર દર્શાવવાને પૃથ્વીની ધરીને વાંકી ધારીછે તેમ ગોળાની ધરીને વાંકી કર્યાથી તેને ક્ષિતિજની ઉપલીમેર માત્ર આણી શકાય. હવે તમને યાદ હશે કે પૃથ્વીનો ઉત્તર ધ્રુવ વરસના છ મહિના લગી સૂર્ય બણી વળેલો હોયછે અને બીજા છ મહિના લગી તેનાથી વિમુખ હોયછે, તેથી ધ્રુવ આગળ ઊનાળાના છ મહિના લગી દિવસ અને શિયાળાના છ મહિના લગી રાત માત્ર હોઈ શકે; અને ૨૦ મા ચિત્રમાં જોવાથી જણાશે કે ઊનાળામાં ધ્રુવને ફરતા આખા વર્તુલમાં પ્રકાશ પડેછે તેથી પૃથ્વી ગોળ ફરેછે તે છતાં ત્યાં રાત પડતી નથી, અને એજ કારણુને લીધે શિયાળામાં દિવસ થતો નથી, પરંતુ વસંત અને શરદ્ ઋતુમાં અર્ધવર્તુલમાં પ્રકાશ અને અર્ધવર્તુલમાં અંધારું હોયછે, તેથી પૃથ્વીના બમણુને લીધે પ્રત્યેક ચોવીસ કલાકમાં દરેક સ્થળ પ્રકાશમાં અને પાછું અંધારામાં આવેછે.

૯૩. ધ્રુવ આગળ આકાશમાં કેવો દેખાવ નજરે પડેછે તેનું આટલું વર્ણન કર્યું. હવે વિષુવવૃત્ત આગળ કેવો દેખાવ દૃષ્ટિએ પડેછે તેની તપાસ કરીએ. એમ કરવાને ગંજીફાના પાનાના પૃષ્ઠને વિષુવવૃત્તપર ચોટાડી ગોળાને ફેરવો. તમારા જોવામાં આવશે કે પાનું પૈડાની પેઠે ફરતું નથી, પરંતુ ઢ્યુને કાર ઉપર ફેરવીએ છીએ તે વારે તે જ રીતે ફરેછે તેને કાંઈક મળતી રીતે ફરેછે, અને ગોળાને અડધો આંટો ફેરવ્યાથી પાના-

ની કોરવતી દર્શાવેલી ક્ષિતિજની ઉપલી મેર કેવળ નવાજ તારા દૃષ્ટિએ પડેછે, ગોળાના ધ્રુવની સામેનાં આકાશ માંહેલાં અને સ્થળ બરાબર ક્ષિતિજમાં આવશે, ઉત્તર ધ્રુવનો તારો બરાબર ક્ષિતિજના ઉત્તર ભાગમાં અને દક્ષિણ ધ્રુવનો તારો ક્ષિતિજના બરાબર દક્ષિણ ભાગમાં આવશે, અને જે તારા છેક પૂર્વમાં જોગેછે તેઓ ગોળાને ફેરવીએ છીએ તેમ બરાબર ગં-જીકાના પાના ઉપર થઈને છેક પશ્ચિમમાં આવશો.

૯૪. એક છબીને સૂર્ય ધારશો તો તમારા જોવામાં આવશે કે ગોળાને અડધો આંટો ફેરવતાં લગી સૂર્ય અથવા તેને દર્શાવનારી છબી પાનાની ક્ષિતિજની ઉપલી મેર હોયછે, અને બીજો અડધો આંટો ફેરવતાં લગી તેની નીચે હોયછે; અને પૃથ્વી પોતાની ધરી ઉપર ચોવીસ કલાકમાં એકવાર ફરેછે તેથી સૂર્ય બાર કલાક લગી ક્ષિતિજની ઉપલી મેર અને બાર કલાક લગી ક્ષિતિજની નીચે રહેશે; માટે વિષુવવૃત્તમાં રાત્રિ દિવસની લંબાઈ સદા સરખી હોયછે, અને ઋતુના ફેરફાર દર્શાવવાને ગોળાની ધરીને વાંકી કરવાથી રાત્રિ દિવસની લંબાઈમાં ફેર પડતો નથી, એવું તમારા જોવામાં આવશે.

૯૫. હવે પતાને ગોળા પરનાં બીજાં સ્થળોમાં મૂકી તમે તમારી મેજે પ્રયોગ કરી જુઓ. એ પાનાને પ્રથમ વિષુવવૃત્તથી ઉત્તર ધ્રુવ બાણી મૂકો અને ઉદ્યાસ્ત થતાં તારાની દેખાઈતી ગતિઓમાં હળવે હળવે ફેરફાર થાયછે તેની નિરીક્ષા કરો.

૯૬. વિષુવવૃત્ત પરથી અથવા તેની ઉત્તરેથી જોતાં તારાની ગતિઓ કેવી દેખાયછે તે વિષે આપણે ઉપર કહી ગયા; એજ રીતે દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં તારાની ગતિઓ કેવી નજરે પડેછે તે જોવાને ગોળાના વિષુવવૃત્તની દક્ષિણે જુદે જુદે સ્થળે પંજુ ચોંટાડી ગોળાને ફેરવો અને શું થાયછે તે જુઓ. આ-સ્ટ્રોલેખામાંથી જોનારાનું સ્થળ દર્શાવવાને પ્રથમ વિષુવવૃત્તની અને દક્ષિણ ધ્રુવની વચ્ચે વચ્ચ પંજું મૂકો; એટલે ઉત્તર ગો-

ગોળની પેઠે વિષુવવૃત્ત તેની દક્ષિણે ન હોતાં ઉત્તરે, અને ધ્રુવ ઉત્તરે ન હોતાં દક્ષિણે રહેશે, અને તે ઉત્તર બણી દૃષ્ટિ કરશે તો ઉત્તર ગોળાર્ધમાં તારાનો ઉદયાસ્ત દેખાય તેવોજ ઉદયાસ્ત તેની નજરે પડશે; પરંતુ તેનો જમણો હાથ પૂર્વ બણી અને ડાબો હાથ પશ્ચિમ બણી રહેશે તેથી તારા તેને જમણે હાથે જોગી ડાબે હાથે આયમશે. ઉત્તર ગોળાર્ધમાં જે દિશામાં તેઓ આકાશમાં ફરેછે તેની કેવળ ઉલટી દિશામાં ફરતા જણાશે. વળી જે તારા ઇન્ડિયામાં દક્ષિણ ક્ષિતિજની થડમાં દેખાયછે તે તેને ઉત્તર ક્ષિતિજની સમીપ દેખાશે, અને ઉત્તરના તારા ખિલકુલ દેખાશે નહિ.

૯૭. દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં તારાની જે ગતિઓ દેખાયછે તે વધારે સ્પષ્ટ સમજાવવા માટે ગોળાના ઉપલા ધ્રુવને દક્ષિણ ધ્રુવ અને નીચલા ધ્રુવને ઉત્તર ધ્રુવ કહો અને ગોળાને પહેલાં જે દિશામાં ફરવ્યો હતો તેની ઉલટી દિશામાં ફરવો; કારણ કે પૃથ્વીને જે સ્થિતિમાંથી જોઈએ છીએ તે સ્થિતિ પ્રમાણે ધડીઆળના કાંટાની પેઠે તે જુદી દિશામાં ફરતી જણાયછે; ધડીઆળને આગલી મેરથી જોતાં તેના કાંટા એક દિશામાં ફરેછે અને તેને પારદર્શક ધારી પૂઠેથી જોતાં તેના કાંટા ઉલટી દિશામાં ફરેછે; એજ પ્રમાણે ઉત્તર ગોળાર્ધમાંના નિરીક્ષા કરનારને વિષુવવૃત્ત બણી દૃષ્ટિ કરતો ધાર્યો હતો તેવી રીતે દક્ષિણ ગોળાર્ધમાંથી વિષુવવૃત્ત બણી જોનારને ઉત્તર ગોળાર્ધમાંથી જોતાં જે દિશામાં પૃથ્વી ફરતી જણાયછે તેની સામેની દિશામાં ફરતી બાસેછે અને એ કારણથી દક્ષિણ ધ્રુવને ઉપલીમેર લાવીએ તો સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વીની પ્રદક્ષિણા સહિત તમામ ગતિઓને ઉલટી કરવી જોઈએ.

૯૮. એ રીતે કર્યા પછી ગોળાના વાસ્તવિક દક્ષિણ ધ્રુવને ઉપલે પાસે આણી અગાઉની પેઠે કાગળની ક્ષિતિજ વતી પ્રયોગ કરો.

૯૯. સંભવિત છે કે પૃથ્વીના ગોળાપર “લાકડાની ક્ષિતિજ” તમારા જોવામાં આવશે; હરકોઈ સ્થળની ક્ષિતિજ દર્શાવવાને પત્તાના પૃષ્ઠનો પરિધ ધાર્યો છે તેમ આ ક્ષિતિજ પૃથ્વીના મધ્યની દૃષ્ટિમર્યાદા દર્શાવેછે.

૨.—ચંદ્ર અને તેની ગતિઓ.

§ ૧.— ચંદ્ર તારાઓમાં ફરેછે.

૧૦૦. પૃથ્વી ચોવીસ કલાકમાં પોતાની ધરી ઉપર ભ્રમણ કરેછે અને સૂર્યની પ્રદક્ષિણા એક વર્ષમાં કરેછે એ બે ગતિઓ તથા પૃથ્વીના આકાર વિષે તમને હવે માહિતી થઈ.

૧૦૧. પૃથ્વીની આ બે વાસ્તવિક ગતિઓને લીધે સૂર્ય અને તારાઓની બે દેખાઈતી ગતિઓ, ૧. ઉદ્યાસ્તની દૈનિક ગતિ અને ૨. વાર્ષિક ગતિ, શી રીતે ઉત્પન્ન થાયછે તે પણ આપણા જાણવામાં આવ્યું. એ વાર્ષિક ગતિને લીધે (ઇન્ક્લાઇન્ડમાં) દર મહીને સાયંકાળે તેને તેજ સમયે દક્ષિણમાં ભિન્ન ભિન્ન તારા દૃષ્ટિએ પડેછે અને એક વર્ષ વીત્યા ફેરે એ મહાન પ્રસ્થાનનો ફરીને આરંભ થાયછે. પૃથ્વી કેવી છે તે ભૂતજ વિદ્યા પ્રવેશ પોથી વાંચવાથી તમારા જાણવામાં આવશે—તે શીતળ પદાર્થ છે અને તેની આસપાસ વાતાવરણ વીંટલાયલું છે તે સૂર્યના તાપને લીધે ગતિમાં રહેછે.

૧૦૨. ચંદ્ર લગભગ સૂર્યના જેવડો મોટો દેખાય છે, અને કોઈ કોઈ વાર પૃથ્વી પર તેનો પ્રકાશ ધણો પડેછે, તેના વિષે મેં હજી સૂઝી કાઢી કહ્યું નથી તેથી આ પુસ્તક વાંચનારામાંના કેટલાકને નવાઈ લાગશે.

૧૦૩. હવે હું ચંદ્ર વિષે કહુંછું. વાદળાં વગરની નિર્મળ સાંજે તેની ભણી જુઓ અને આજુબાજુના તારાઓમાં તે જે સ્થળે હોય તે સ્થળ લક્ષમાં રાખો; તેની થડમાંના નાના તારા જોવા મુશ્કેલ છે, માટે તે ક્ષેત્ર મોટા તારાની સમીપ હોય તે વારે નિહાળવું ઠીક પડશે. થોડાક કલાક પછી અથવા બીજે

દહાડે સાંજે તેની બણી ફરીને નજર કરો; તારાઓમાં તે તેને તેજ સ્થળે ન હોતાં પૂર્વમાં ધણો દૂર ગયેલો સહજ જોવામાં આવશે. તે રોજ રોજ પોણાથી એક કલાક મોડો ઊગતો દેખાશે. થોડા દિવસ લગી લાગલાગટ તેના ઊગવાનો વખત નોંધી રાખવાથી એ સહજ જાણવામાં આવેછે. ચંદ્રને (સુદ પડવે કે ખીજે) સૂર્યાસ્તે પશ્ચિમમાં ઉગેલો તે સૂર્યની પાછળ રહી છેવટે પ્રાતઃકાળે સૂર્યોદય થયા પહેલાં થોડીવારે ઊગેછે. એ પછી ચંદ્રને પાછળ મૂકી સૂર્ય આગળ જતો દેખાય છે, અને થોડી સાંજ વીત્યા કેડે સૂર્ય આથમ્યા પછી થોડી વારે ચંદ્ર ફરીને પશ્ચિમમાં દેખા દેછે, ને નિત્ય સૂર્યથી પાછળ પડતો જાયછે. જેમ ધડીઆળના કલાક કાંટાને પકડી પાડી મિનિટ કાંટા આમળ ચાલ્યો જાયછે તેમ અગાઉની પેઠે અઠાવીસ (દિવસે ચંદ્રને પકડી પાડી તથા પાછળ મૂકી સૂર્ય આગળ ચાલ્યો જાયછે.

૧૦૪. આપણે નિરીક્ષા તો કરી; એ નિરીક્ષાનો ખુલાસો શી રીતે આપી શકાય તેની તપાસ કરીએ. આપણે નારંગી અને દીવો ફરીને લેઈએ અને તે ઉપરાંત ચંદ્રને ઠામે નાના ગોળા લેવો પડશે. હવે પૃથ્વીને બદલે લીધેલી નારંગીને સ્થિર રાખો અને જેવી રીતે સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વી ફરેછે તેવી રીતે ચંદ્રને ઠામે લીધેલા નાના ગોળાને નારંગીની આસપાસ ગોળ ફેરવો.

૧૦૫. આ ગતિ પરથી આપણી નિરીક્ષાનું કારણ સમજાયછે કે નહિ તેની આપણે તપાસ કરીએ. પ્રથમ E બિંદુએ (ચિત્ર ૨૨) ચંદ્ર અને સૂર્યને એક લીટીમાં ધારો. એ સ્થળે હોવાથી ચંદ્ર સ્પષ્ટરીતે આકાશમાં સૂર્યની થડમાં દેખાશે તેથી જે વેળા સૂર્ય ઊગેછે અને આથમેછે તેજ વેળા તે ઊગતો અને આથમતો દેખાશે, અને પૃથ્વીના ગોળાને સોયાપર ફેરવ્યાથી એ બિના સહજ રીતે સ્પષ્ટ સમજાશે. પછી ચંદ્રને T બિંદુએ ખસેડો; થોડા દિવસ કેડે ચંદ્ર એ સ્થળમાં આવેછે; હવે તમારા જોવામાં આવશે કે ચંદ્રના આથમવાના વખતની

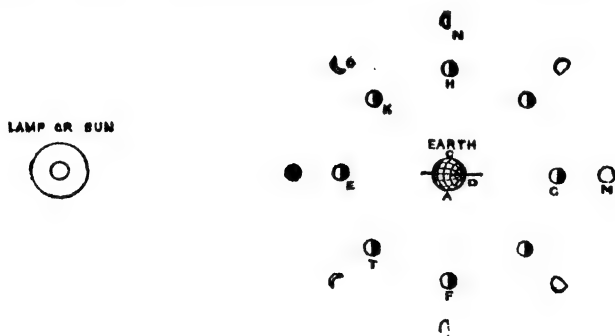
થોડીવાર પહેલાં સૂર્ય આથમશે, કારણ કે A સ્થળમાંથી જોનાર માણસને તરત સૂર્યાસ્ત થયેલો દેખાય છે, પરંતુ ચંદ્ર ક્ષિતિ-જની ઉપલી મેર દીસેછે. વળી ચંદ્રને F બિંદુએ ખસેડો, એટલે તમારા જોવામાં આવશે કે A સ્થળમાંથી જોનારાની દક્ષિણે ચંદ્ર હોયછે, અને એ વેળા સૂર્ય આથમી ગયેલો હોયછે તેથી ચંદ્ર આશરે છ કલાક સૂર્યની પાછળ હોયછે. એનાથી આગળ G બિંદુએ તેને ખસેડો એટલે જે વખતે સૂર્ય આથમેછે તેજ વખતે ચંદ્ર ઊગી મધરાતે દક્ષિણમાં હશે. જોનાર D સ્થળમાં છે એમ ધારીશું તો ચંદ્ર બાર કલાક સૂર્યની પાછળ રહેલો જણાશે. ચંદ્રને આગળ H બિંદુએ ખસેડશો તો A સ્થળમાંથી જોનારાને તરતજ સૂર્યાસ્ત થઈ ચંદ્ર ઊગેલો દેખાશે નહિ; તે અઠાર કલાક સૂર્યની પાછળ રહી D સ્થળમાંથી જોનારાને દેખાશે તેમ મધરાતે ઊગતો દેખાશે. C સ્થળમાંથી જોનારાને ચંદ્ર યામ્યોત્તર વૃત્તમાં આવતો અને સૂર્ય ઊગતો દેખાશે. એનાથી આગળ K બિંદુએ ચંદ્રને ખસેડશો એટલે તે લગભગ આખો ફેરો સૂર્યની પાછળ રહેલો જણાશે અને જે દિવસે ચંદ્ર અને સૂર્ય એકે સમયે ઊગ્યા તે દિવસથી ગણીએ તો ચંદ્ર સૂર્યની પછી આશરે એકવીસ કલાક મોડો ઊગશે (અથવા બીજી રીતે ગણીએ તો સૂર્યની પહેલાં ત્રણ કલાક વહેલો ઊગશે), અને બીજા બે ત્રણ દિવસમાં તેઓ બંને પાછા એકે વખતે ઊગશે. તો ઉપર જે કહ્યું તે પરથી સ્પષ્ટ છે કે પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્ર આશરે અઠાવીસ દિવસમાં ફેરેછે એવું ધારવાથી સૂર્યની પાછળ તે શા કારણથી રહેછે તે સમજવામાં આવશે. પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્ર ફેરેછે એ આપણે જાણીએ છીએ.

§ ૨.—ચંદ્રની કલાક બદલાયછે.

૧૦૬. ચાંદરણીઓમાં ચંદ્રની ગતિ કેવી છે તે વિષે આપણે પાછળ કહી ગયા, પરંતુ ચંદ્રમાં કાંઈક વિશેષ જોવામાં આવેછે. તે પૃથ્વીની આસપાસ ફેરેછે તેવામાં તેના સ્વરૂપમાં

ફરફાર થઈ થાળીની થોડી કાર જેવડા પરથી આખી થાળી જેવો ગોળ થાયછે. જ્યારથી આપણને સાંભરેછે ત્યારથી એ ફરફારો વિષે આપણે સાંભળ્યુંછે તેથી તે એટલા તો જાણીતા છે કે તેમના કારણની ખોળ ન કરતાં તે થવાજ જોઈએ એમ આપણે માનીએ છીએ. આપણે એવો પ્રશ્ન પૂછીએ કે “ શું ચંદ્રનું સ્વરૂપ ખરેખરું બદલાયછે? ” ના, તેનું સ્વરૂપ બદલાતું નથી, તે સદા તેનું તેજ હોયછે, પરંતુ તેના પ્રકાશિત અર્ધ પૃષ્ઠમાંનો કાર્ડક ભાગ માત્ર કોઈવાર દષ્ટિએ પડેછે.

૧૦૭. હરકોઈ સાંજે ચંદ્રને નિહાળો; તમે પૂતેમનો ચંદ્ર નિહાળોછો એમ ધારો; એ વેળા તે સૂર્યના જેવો ગોળ દેખાયછે; આકાશમાં તે કયે ઠેકાણે હોયછે તે જોશો તો જાણીશો કે પૃથ્વીની જે દિશામાં સૂર્ય હોયછે તેની ઊલટી દિશામાં ચંદ્ર હોયછે, અને એ કારણથી તે સૂર્યાસ્તે ઊગેછે અને સૂર્યોદયે આથમેછે; તે વસ્તુતઃ જ સ્થળે હોયછે (ચિત્ર ૨૨); હવે ચંદ્ર દર્શાવનારા ગોળાને નારંગીની જે દિશામાં સૂર્ય છે તેની ઊલટી દિશામાં જ સ્થળે મૂકશો તો જેમ પૃથ્વીના ખીજા પડખાપર દિવસ



ચિત્ર ૨૨ મું.—પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિ.

હોયછે તેવારે આપણા ભાગપર ચુત્ હોયછે તેમ ગોળાનો જે અર્ધભાગ ચિત્રમાં ઘોળો દર્શાવ્યોછે તે સૂર્યના તેજથી પ્રકાશિત

યશે અને તેની સામેના બીજા અર્ધ ભાગપર પ્રકાશ પડશે નહિ, અને નારંગીની થડમાં આંખ રાખશે તો તમામ પ્રકાશિત ભાગ તમારી દૃષ્ટિએ પડશે, કાળો ભાગ લગીરે દેખાશે નહિ; એ વેળા પૂર્ણ ચંદ્ર હોયછે અને એ દેખાવ ધોળા ગોળ M વડે દર્શાવ્યો છે. એ પરથી સ્પષ્ટ છે કે પૂનેમે ચંદ્ર પૃથ્વીની જે દિશામાં સૂર્ય હોયછે તેની ઊલટી દિશામાં હોયછે તેથી તેનો આખો પ્રકાશિત ભાગ આપણી દૃષ્ટિએ પડેછે.

૧૦૮. પૂનેમ પછી પાછળ કહ્યા પ્રમાણે ચંદ્ર સૂર્યાસ્ત થયા કંડે મોડો મોડો ઊગેછે, અને કૃષ્ણ પક્ષની સાતમ આઠમે તમે ચંદ્રને નિહાળોછો એમ ધારો. તે મધ્ય રાત્રિને શુભારે ઊગતો દેખાશે. તમે કહોશો કે એટલી વાર લગી ઊગ્મગરો કરવો પડે, પરંતુ જોશીઓનો દિવસ તે બીજા લોકોની રાત છે. હવે ચંદ્ર ગોળ દેખાતો નથી, તેનો અર્ધભાગ માત્ર દૃષ્ટિએ પડેછે. ચિત્રમાં જુઓ; મધરાતે ચંદ્ર ઊગે તો તે કઈ સ્થિતિમાં હોય? D સ્થળમાંથી જોનારાને મધરાત હોયછે અને ચંદ્ર H બિંદુએ ઊગવો જોઈએ. માટે ગોળાને H બિંદુએ મૂકો અને આંખ D બિંદુએ રાખો; હવે ચિત્રમાં જે ભાગ ધોળો બતાવ્યો છે તે સૂર્યના પ્રકાશથી પ્રકાશિત થયેલો અર્ધભાગ છે; પરંતુ એ સ્થિતિમાં સકળ પ્રકાશિત ભાગ દેખાતો નથી, પરંતુ પ્રકાશિત ભાગનો અર્ધ અને નિસ્તેજ ભાગનો અર્ધ ભાગ માત્ર દેખાયછે; એ કારણથી અર્ધ ચંદ્ર N દેખાવો જોઈએ અને વસ્તુતઃ એમજ દેખાયછે.

૧૦૯. આપણે આપણી નિરીક્ષા જરૂરી રાખીએ. મધરાત કંડે જગાય નહિ તો સૂર્યોદય થતા પહેલાં ઊડીને જોશો તો તમારા જોવામાં આવશે કે ચંદ્ર જેમ જેમ સૂર્યની થડમાં આવતો જાયછે તેમ તેમ તે નાનો થઈ તેની કોર માત્ર દેખાયછે, અને K બિંદુએ આવેછે તેવારે O આગળ છે તેના જેવે. દેખાયછે, અને છેવટે સૂર્યના તેજમાં ગૂમ થઈ E સ્થળે આવેછે.

હવે એ કેવો દેખાવો જોઈએ ? આંખ અને દીવાની વચ્ચે ગોળો મૂકો એટલે સફળ કાળો અર્ધ ભાગ દૃષ્ટિએ પડશે, પ્રકાશિત ભાગ બિલકુલ દેખાશે નહિ. એ અભાવાસ્થાનો (અભાસનો) ચંદ્ર છે; થોડા દિવસ પછી જોશે તો સૂર્યાસ્ત કેડે તરતજ તે દૃષ્ટિએ પડશે. તેની પાતળી કોર દેખાશે અને ચિત્રમાં T સ્થળે તે હશે. ગોળાને એ સ્થળમાં મૂકી નારંગીની થડમાં આંખ રાખીને જોશે તો પ્રકાશિત અર્ધ ભાગની કોર અને નિસ્તેજ અર્ધ ભાગનો વધારે ભાગ દૃષ્ટિએ પડશે.

૧૧૦. ચંદ્ર જેમ જેમ સૂર્યથી દૂર જતો અને મોડો મોડો આથમતો દેખાયછે તેમ તેમ તેના પ્રકાશિત અર્ધનો વધારે વધારે ભાગ દૃષ્ટિએ પડી F સ્થળમાં ફરીને અર્ધ ચંદ્ર દેખાયછે. એ હવે સૂર્યાસ્તે દક્ષિણમાં હોયછે. એ સ્થિતિમાં ગોળો મૂકી નારંગીની થડમાં આંખ રાખીને જોશે તો એ રીતે દેખાવાનું કારણ તમારા સમજવામાં સહજ આવશે. સાત દિવસ કેડે ચંદ્ર ફરીને પૂર્ણ અને સૂર્યની સામી દિશામાં હોયછે.

૧૧૧. ઝોરડામાં એકજ દીવો રાખી તેનાથી થોડે છેટે ઊભા રહીને નારંગીને અથવા ગોળાને તમારા માથાની આસપાસ ફેરવ્યાથી આ તમામ દેખાવ તમારા સમજવામાં સ્પષ્ટ આવશે અને ચંદ્રની કળા આબેહુલ સમજાશે. એ કારણથી જેમ સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વી ફરેછે તેમ ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ ભ્રમણ કરેછે અને એક પૂર્ણિમાથી બીજી પૂર્ણિમા જ્યાં તેની કળામાં વધઘટ થવાને આશરે સાડીઓગળત્રીસ દિવસ લાગેછે

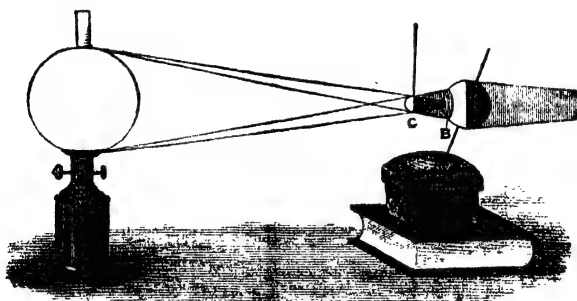
§ ૨.—ચંદ્રથી ગ્રહણો શી રીતે થાયછે તે વિષે.

૧૧૨. આપણે ઉપર જે કહી ગયા તે પરથી તમે કદાચ એમ ધારશો કે ચંદ્ર દર મહિને સૂર્ય અને પૃથ્વીની વચ્ચે થઈને જવો જોઈએ અને તેને લીધે સૂર્ય અદૃશ્ય થઈ સૂર્યનો સ્વપ્નાસ એટલે પૂર્ણ ગ્રહણ થવું જોઈએ. પરંતુ તેમ ન થવાનાં કેટલાંક કારણો

છે તે વિષે હમણા કહીશ. એ કારણોને લીધે ચંદ્ર કોઈ વાર સૂર્યની જરાક ઉપલી મેર અને કોઈવાર જરાક નીચે થઈને જાય છે; એ વેળા ગ્રહણ થતું નથી; અથવા સૂર્યના માત્ર થોડાક ભાગપર થઈને જાય છે તેથી સૂર્યના બિંબનો થોડોક ભાગ અદૃશ્ય થઈ અલ્પગ્રાસ્ટ એટલે ખંડિત ગ્રહણ થાય છે.

૧૧૩. નારંગી અને ગોળા વડે આ બાબત સ્પષ્ટ સમજાય છે કે નહિ તે આપણે જોઈએ.

૧૧૪. દીવો મેજપર મૂકો અને નારંગીમાં સોયો ધાલીને તે સોયાને મોટા ગદેલામાં ઘોંચી તેને દીવાથી થોડે અંતરે મૂકો; પછી ચંદ્રને ઠામે નાનો ગોળો લેઈ તેને દોરી બાંધીને એવી રીતે લટકતો રાખો કે તેનાપર આંગળીઓનો ઓળો પડ્યા વગર પૃથ્વીની આસપાસ તેને ફેરવી શકાય (ચિત્ર ૨૩). હવે ચંદ્રને સૂર્ય અને પૃથ્વીની વચ્ચે લાવી પૃથ્વીની થડમાં C બિંદુએ તેને રાખો (ચિત્ર ૨૩); એટલે ચંદ્રની છાયા પૃથ્વીપર પડે છે;



ચિત્ર ૨૩ મું.—સૂર્યનો ખગ્રાસ.

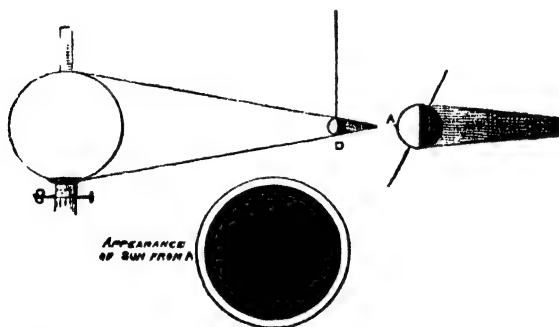
પૃથ્વીના જે ભાગપર એ છાયા પડશે તે ભાગના લોકોને સૂર્ય દેખાશે નહિ અને તે ઠેકાણે સૂર્યનો લગભગ જણાશે. પૃથ્વીનાં બીજાં સ્થળોમાં, જેમ કે B સ્થળમાં, સમગ્ર સૂર્યને ચંદ્ર ઢાંકી દેશે નહિ. છાયાનો છેક કાંઠો ભાગ તે ઠેકાણે પહોંચતો નથી. તેથી એ સ્થળે સૂર્યનું ખંડિત ગ્રહણ માત્ર દેખાશે, અને એ

ભાગથી જેમ જેમ દૂર જઈશું તેમ તેમ વધારે વધારે સૂર્ય દેખાશે. એ કારણથી પૂર્ણ છાયાની આસપાસ ખીળ પ્રકારની અર્ધ છાયા પડે છે તેને અપૂર્ણ છાયા કે ઉપછાયા કહે છે, અને એ અપૂર્ણ છાયા માંહેલાં સ્થળોમાં ખંડિત ગ્રહણ માત્ર દેખાશે.

૧૧૫. હવે ચંદ્રને પૃથ્વીથી દૂર D બિંદુએ ખસેડો (ચિત્ર ૨૪). તમારા જોવામાં આવશે કે ચંદ્રની છાયા પૃથ્વી પર પહોંચતી નથી તેથી સૂર્યનો ખગ્રાસ થતો નથી. ચંદ્ર એટલે બધે અંતરે છે કે સૂર્ય પૂરેપૂરો ઢંકાઈ જાય એટલું ચંદ્રનું બિંબ મોટું નથી તેથી સૂર્યની ખહારની કોર દૃષ્ટિએ પડે છે.

આ પ્રકારના ગ્રહણને કંકળાકાર કહે છે.

૧૧૬. નારંગી ખસેડી લેઈ તેને ઠેકાણે આંખ રાખશો તો આ બિના સ્પષ્ટ સમજાશે. જે ઠેકાણે છાયા હતી (ચિત્ર ૨૪)

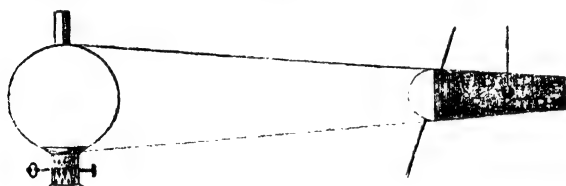


ચિત્ર ૨૪ મું.—સૂર્યનું કંકળાકાર ગ્રહણ.

લાં એટલે ચંદ્રની છાયામાં પ્રથમ તમારી આંખ રાખો, એટલે ખગ્રાસ દેખાશે. પછી ચંદ્રનું સ્થળ ન બદલતાં આંખને જરાક નીચે રાખશો તો સૂર્યની કોર દૃષ્ટિએ પડશે, અર્થાત્ ખંડિત ગ્રહણ થશે, અને તમારી આંખને તેનાથી જેમ દૂર રાખશો તેમ સૂર્યનો વધારે ભાગ તમારા જોવામાં આવશે. હવે આંખને A સ્થળે રાખી ખગ્રાસ જુઓ. ચંદ્રને ધીમે ધીમે તમારાથી

દૂર ખસેડશો તો ચંદ્ર નાનો થતો દેખાશે તેથી D સ્થળે (ચિત્ર ૨૪) ચંદ્રના બિંબથી સૂર્યનું આખું બિંબ ઢંકાઈ જતું નથી. ચંદ્રની આસપાસ સૂર્યની પ્રકાશિત કોર દેખાયછે; અર્થાત્ત કંકણાકાર ગ્રહણ થાયછે.

૧૧૭. સૂર્યગ્રહણ થાયછે તેમ ચંદ્રગ્રહણ પણ થાયછે. પૃથ્વીની છાયામાં ચંદ્ર આવેછે તેવારે ચંદ્રગ્રહણ થાયછે. ચંદ્રગ્રહણ શી રીતે થાયછે તે નારંગી અને દીવાને અગાઉની પેઠે મૂક્યાથી સહજ સમજાશે; ચંદ્રને ઠામે લીધેલા ગોળાને પૃથ્વીની જે દિશામાં સૂર્ય છે તેની ઉલટી દિશામાં લેઈ જવાથી તેનાપર પૃથ્વીની છાયા પડશે અને તે કાળો થશે. આપણી અને સૂર્યની વચ્ચે અપારદર્શક પદાર્થ (ચંદ્ર) આવ્યાથી સૂર્યગ્રહણ થાયછે તેમ આપણી અને ચંદ્રની વચ્ચે કાંઈ



ચિત્ર ૨૫ મું.—ચંદ્રગ્રહણ.

પદાર્થ આવ્યાથી ચંદ્રગ્રહણ થતું નથી, પરંતુ તેનાપર પૃથ્વીની છાયા પડેછે તેને લીધે ચંદ્રગ્રહણ થાયછે (ચિત્ર ૨૫).

૧૧૮. સૂર્યના ખગ્રાસ વખતે ચંદ્રમાંથી જોનારાને પૃથ્વીપર કાળો ડાઘો પડેલો હોઈ તે તે પર થઈને ઉતાવળે જતો દેખાશે; અને તે ડાઘાની આસપાસ અર્ધ છાયાવાળું વર્તુલ એટલે અપૂર્ણ છાયા દેખાશે; એ અપૂર્ણ છાયામાં પૃથ્વી પરથી સૂર્યનું ખંડિત ગ્રહણ દેખાશે; પરંતુ ચંદ્રનો ખગ્રાસ થાયછે તે વારે પૃથ્વીની છાયાથી ચંદ્ર પૂરેપૂરો ઢંકાઈ જાયછે.

૧૧૯. હવે તમારા લક્ષ્માં આવ્યું હશે કે સૂર્યગ્રહણ અમાસે માત્ર થઈ શકે અને ચંદ્રગ્રહણ પનમે માત્ર થઈ શકે. એનું

કારણ એ છે કે જ્યારે આપણી અને સૂર્યની વચ્ચે ચંદ્ર હોય છે એટલે જ્યારે સૂર્યગ્રહણ થઈ શકે ત્યારે ચંદ્રની કાળી બાજુ આપણી ભણી હોવી જોઈએ; અને જે વેળા ચંદ્ર બીજી બાજુએ પૃથ્વીની જે દિશામાં સૂર્ય હોય છે તેની સામેની દિશામાં હોય છે, એટલે જ્યારે ચંદ્રગ્રહણ થઈ શકે ત્યારે તેની પ્રકાશિત બાજુ આપણી ભણી હોવી જોઈએ.

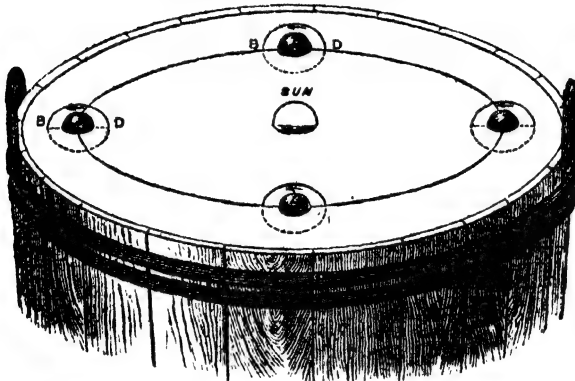
૧૨૦. આપણે ૧૧૨ મી કલમમાં કહ્યું છે કે ચંદ્ર કોઈવાર પૃથ્વી અને સૂર્યને જોડનારી લીટીની ઉપલી મેર અને કોઈવાર નીચલી મેર જાય છે અને એ રીતે ચંદ્ર ન જતો હોત તો દર મહિને એક સૂર્યગ્રહણ અને એક ચંદ્રગ્રહણ થાત.

૧૨૧. ચંદ્ર કોઈ વાર સૂર્યની ઉપલી મેર અને કોઈ વાર નીચલી મેર જાય છે અને તેથી દર મહિને ગ્રહણ થતાં નથી એ શી રીતે સિદ્ધ કરી શકાય તેની તપાસ કરીએ. ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ (તેને મધ્યમાં રાખી) લગભગ વર્તુલમાં ફરે છે એવું આપણે ઉપર કહી ગયા. એ વર્તુલને તેની કક્ષા અથવા માર્ગ કહે છે. આ કક્ષાને ઠામે તારનો કડકો લેઈ તેને નારંગીની આસપાસ ગોળ વીંટાળો, અને ચંદ્રને બદલે મોટા મણકો અથવા નાનો ગોળો તેના પર બાંધો. પૃથ્વી (નારંગી) મધ્યમાં રહે એવી રીતે તારની કડીને ઝાલીને ચંદ્રને તાર ઉપર તેની આસપાસ ફેરવ્યાથી જણાશે કે એ કડીને ક્ષિતિજસમસૂત્ર રાખી હશે તો પ્રત્યેક ફેરે પૃથ્વી અને દીવાવતી દર્શાવેલા સૂર્યની વચ્ચે થઈને ચંદ્ર જશે. પરંતુ વાસ્તવિક ચંદ્ર એ સ્થિતિમાં આવતો નથી; મણકો ઉપલી મેર અથવા નીચલી મેર જાય તેટલા સાફ કડીનો જે ભાગ દીવાની અને નારંગીની વચ્ચે હોય છે તેને ઊંચો અથવા નીચો કરવો જોઈએ.

૧૨૨. આ બિના વધારે સ્પષ્ટ સમજાય તેટલા સાફ પાણીનું પીપ લઈ તેને મધ્ય ભાગે સૂર્યને ઠામે એક ગોળો અડધો પાણીમાં અને અડધો પાણીની ઉપર તરતો મૂકો. બીજો નાનો ગોળો લેઈ પૃથ્વીને બદલે પીપનો કોર આગળ તરતો

મૂકો. એટલે પૃથ્વીની વાર્ષિક ગતિનો માર્ગ દર્શાવવાને સૂર્યની આસપાસ તેને તરાવી શકાય. આ ઠેકાણે એની કક્ષા પાણીની સપાટીપર છે તેથી એ સપાટી ૬૭ મી કલમમાં કહ્યા પ્રમાણે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી છે.

૧૨૩. પરંતુ ચંદ્રની કક્ષા એ સપાટીને ઢળતી છે તેથી કેટલીક વાર ગ્રહણ થતાં નથી; અને અગાઉની પેઠે ચંદ્રની કક્ષા દર્શાવવાને તારની કડી લેઈ ૨૬ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે અડધી કડી પાણીમાં અને અડધી કડી પાણીની ઉપર રહે એવી રીતે તેને પૃથ્વીને ફરતી રાખીએ તો ચંદ્રની કક્ષા ક્રાંતિ.



ચિત્ર ૨૬ મું.—ચંદ્રની કક્ષા ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીને ઢળતી છે તે આ ચિત્ર પરથી જણાય છે.

વૃત્તની સપાટીને ઢળતી છે તે બતાવી શકાય. એ ચિત્રમાં કડીનો જે ભાગ પાણીની ઉપર છે તે આખી લીટી વડે દર્શાવ્યો છે અને જે ભાગ પાણીની અંદર છે તે ટપકાં ટપકાંવાળી લીટી વડે બતાવ્યો છે. જે બિંદુઓમાં એ સપાટીને કક્ષા છેદે છે તે બિંદુઓને જોડનારી લીટીને સંપાત રેખા કહે છે અને B અને D બિંદુઓને સંપાત બિંદુઓ એટલે રાહુ અને કેતુ કહે છે.

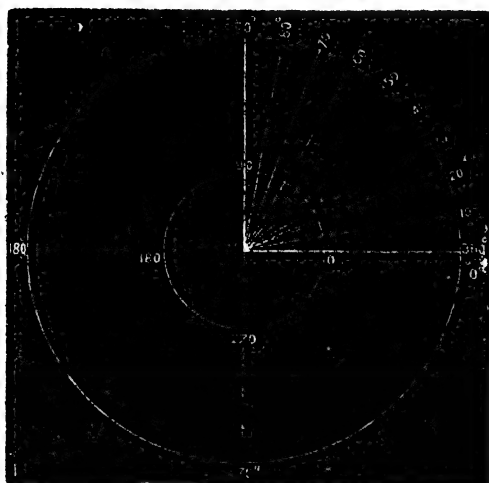
૧૨૪. આ પરથી સ્પષ્ટ સમજાશે કે ચંદ્રની કક્ષા ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીને ઢળતી છે એવું ધારીએ તો ચંદ્ર પોતાની કક્ષામાં સં-

પાત બિંદુની થડમાં સૂર્ય અને પૃથ્વીની જોડે એક લીટીમાં આવે ત્યારેજ માત્ર ગ્રહણ થઈ શકે, કારણ કે એજ વેળા તે પોતાના જમણમાં સૂર્યની અને પૃથ્વીની વચ્ચે થઈને જાય છે. કક્ષાના બીજા ભાગમાં ચંદ્ર હોય તેવારે ગ્રહણ થઈ શકે નહિ, કારણ કે કડી પરનો મણકો ગ્રહણ વખતેજ પાણીની ઉપર અથવા પાણીની અંદર હશે, સૂર્ય અને પૃથ્વીની જોડે એક લીટીમાં તેની સપાટીપર હશે નહિ. પ્રતિભાસે ગ્રહણ થતાં નથી તેથી આપણે જાણીએ છીએ કે ચંદ્રની કક્ષાને ઢળતી માનીએ તે પ્રમાણે તે ઢળતી છે.

૧૨૫. પોતાની ધરીપર પૃથ્વીના જમણની સપાટી ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીને ઢળતી છે એવું આપણે પાછળ કહી ગયા છીએ અને હમણા આપણા જાણવામાં આવે છે કે પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિની સપાટી એજ સપાટીને ઢળતી છે. હવે એ દરેક સપાટી ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી જોડે કેટલા અંશનો ખૂણો કરે છે તે શોધી કહાડીએ.

૧૨૬. એ ખોળી કહાડવાને ખગોળવેત્તાઓ નાનાં મોટાં તમામ વર્તુલોના ૩૬૦ અંશ (એ આ રીતે લખાય છે, ૩૬૦°) માં વિભાગ કરે છે (ચિત્ર ૨૭), અને વર્તુલના મધ્ય બિંદુમાંથી પરિધ લગી બે લીટી દોરીએ તો જે બિંદુઓમાં તે લીટી પરિધને છેદે છે તે બિંદુઓની વચ્ચે જેટલા અંશ આવશે તેટલા અંશનો ખૂણો મધ્ય બિંદુમાંથી દોરેલા બે લીટીથી થશે. હવે ૩૬૦ એ ૬૦ ના ચાર ગણા છે તેથી વર્તુલનો ચોથો ભાગ ઘેરનારી બે લીટી ૯૦ નો ખૂણો કરે છે. વર્તુલ નાનું મોટું હોવાથી અંશમાં કાંઈ ફેર પડતો નથી, કારણ કે એકની અંદર એક એમ ઘણાં વર્તુલો દોરી તે સર્વેનું મધ્ય બિંદુ એકજ રાખશે અને બહારના ગોળનો પા ભાગ અથવા ૬૦° વચ્ચમાં આવે એવી બે લીટી મધ્ય બિંદુમાંથી દોરશે તો બાકીના દરેક વર્તુલનો ચોથો ભાગ પણ તે લીટીની વચ્ચમાં આવશે.

પ્રત્યેક ૯૦ અંશના ખૂણાને કાટખૂણો કહેછે અને જે બે લીટી વડે ૯૦ નો ખૂણો થાયછે તેઓ એક એકને લંબ કહેવાયછે.



ચિત્ર ૨૭ મું.—અશમાં વર્તુલના ભાગ.

આના જેવા પૂર્ણ વર્તુલમાં ૧ અંશના ૩૬૦ ખૂણા, ૯૦ અંશના ૪, ૪૫ અંશના ૮, ઇત્યાદિ ખૂણા હોયછે.

૧૨૭. ખગોળવેત્તા આવો વર્તુલ ધારી તેનું મધ્ય બિંદુ પૃથ્વીના મધ્ય બિંદુએ કહેયેછે, અને તેમ કરવાથી ૧૨૫ મી કલમમાં જે સપાટીઓ વિષે આપણે કહી ચયા છીએ તેનાથી થયેલા ખૂણા નિરીક્ષા વડે નક્કી કરી શકેછે. એ રીતે તેમણે સિદ્ધ કર્યુંછે કે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી અને પૃથ્વીની દૈનિક ગતિની સપાટીની વચ્ચેનો ખૂણો ૨૩° અથવા લગભગ તેટલો છે, અને ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી તથા પૃથ્વીની આસપાસ અંદ્રની ગતિની સપાટી વચ્ચેનો ખૂણો ૫° થી કાંઈક વધારે છે.

§ ૪.—ચંદ્ર કોના જેવો છે.

૧૨૮. પૃથ્વીના સ્વરૂપનું જ્ઞાન ભૂતળ વિદ્યામાં છે એ હું કહી ગયો છું. ચંદ્ર પૃથ્વીની બહુ પાસે છે; તે માત્ર અઢી લાખ મૈલ-ને અંતરે હોવાથી તેના પૃથ્વિ વિષે આપણે ઘણું જાણી શકી-એ છીએ.

૧૨૯. ચંદ્રને નરી આંખે જોવાથી તેનું પૃથ્વિ એકસરખું દેખાતું નથી. કેટલાક ભાગ ખીજા કરતાં વધારે કાળા હોય છે; એ કાળા ભાગને અસલના લોકો સાગર ધારતા હતા; તેઓ કારી જમીન છે એમ હમણા જાણવામાં આવ્યું છે, તથાપિ સમુદ્રોનાં નામ હજી આલે છે. જેમ પૃથ્વીનો નકશો હોય છે તેમ ચંદ્રનો પણ નકશો હોય છે તેમાં શાંતિ-સમુદ્ર, વાઝોડું-સમુદ્ર, ઈત્યાદિ નામ જોવામાં આવશે. તમે દૂરખીનમાંથી જોશો—નાનું દૂરખીન હશે તો ચાકશે—તો તેના પૃથ્વિ પર ખરે કેકાણે પર્વત, ડુંગર, અને ખીણ દેખાશે, પરંતુ આપણા પર્વતોની ખીણોની પેઠે તે પર વનસ્પતિ જોગલી દેખાશે નહિ. તેઓ સૂકા અને જીંડ દેખાશે. ત્યાં સરોવરો કે નદીઓ નથી અને અઘાપિ જાણવામાં આવ્યું છે તે પ્રમાણે ત્યાં બિલકુલ પાણી નથી અને તે કારણથી તેના પૃથ્વિને સૂર્યના તાપથી જાંયડો આપવાને વાદળો નથી; અને તે ઉપરાંત ત્યાં વાતાવરણ પણ નથી, તેથી સંભવે છે કે ચંદ્ર ઉપર પ્રાણીની વસ્તી નથી. તેના લગભગ તમામ પૃથ્વિ પર બંધ પડેલા અડાખીડ જ્વાલામુખી પર્વતો છે. પૃથ્વી પરના જ્વાલામુખીઓના જેવા તેઓ નથી.

૧૩૦. ચંદ્રને લગતી આ હકીકત પરથી તમારા જોવામાં આવશે કે આપણે જે ગ્રહ ઉપર વસીએ છીએ તેની અને આકાશના ખીજા ગ્રહોની સ્થિતિ સરખી જ હોય તેમ નથી. જે જગત્ પર પાણી નથી અને તે કારણથી આઈસ, વાદળો, વરસાદ અને ખરફ નથી; નદી અને વહેણો નથી; અને તેથી પ્રાણીના પોષણને માટે વનસ્પતિ નથી; જ્યાં પ્રાતઃકાળે અને સં-

ધ્યકાળે ઝળઝળું. ચતું નથી અથવા સૂર્યના અભિ ઉમ્ર પ્રકાશ અને શદિના અતિગાઢ અંધકારની વચ્ચે ઓછા વધતાનું સાંધણુ નથી; જ્યાં અવાજ કે નાદ નથી; હવા અવાજની વાહક છે તેથી હવા વગરના ચંદ્રપરનો જિંઆમાં જિંઓ પર્વત ભૂકંપથી ફાટે તોએ અવાજ સંભળાય નહિ; એવો મહ ચંદ્ર છે.

૧૩૧. વળી તમારા જાણવામાં આવશે કે પૃથ્વી અને ચંદ્ર એક બાબતમાં સમાન છે તે એ કે તેને પોતાનો પ્રેકાશ નથી. ચંદ્રના જે ભાગપર સૂર્યનો પ્રકાશ પડે છે તે આપણને દેખાય છે અને જે ભાગપર તડકો પડતો નથી તે દેખાતો નથી. એ કારણથી ચંદ્ર ઉપર પડેલો તડકો પરાવર્તન પામી પૃથ્વીઉપર આવે છે તે ચાંદરણું કે ચાંદની છે, અને તેને પડતો પ્રકાશ નથી.

૧૩૨. ચંદ્રનો વ્યાસ (કલમ ૨૨) આશરે ૨૦૦૦ મૈલ છે અને ચંદ્રના જેવડોજ પૃથ્વીનો ભાગ નિરાજો કરી ખંનેનું વજન કરીએ તો ચંદ્ર હલકો થાય. અર્થાત્ પૃથ્વીનું ઘટલ ૧ છે અને ચંદ્રનું ઘટલ $\frac{1}{8}$ છે.

૧૩૩. આ બાબતનો વધારે ખુલાસો આપવો જોઈએ. તમને ખબર છે કે કેટલાક પદાર્થ બહુ ઘટ્ટ અને ભારે અને કેટલાક હલકા હોયછે; ઉદાહરણ, સીસું ઘણું ભારે અને ઘટ્ટ હોયછે, અને ખૂચ બહુ હલકો હોયછે. ઇંચ, ચોરસ ઇંચ, અને ઘન ઇંચ એટલે શું તે તો તમે જાણોછો. સીસાનો એક ઘન ઇંચ અને ખૂચનો એક ઘન ઇંચ કડકો લેઈ ખંને કડકાનું વજન કરશે તો ખૂચના કડકાથી સીસાનો કડકો ભારે થશે. ખૂચના કડકાનું ઘટલ અથવા વજન ૧ લેશે તો સીસાના કડકાનું ઘટલ અથવા વજન તેનાથી વધારે થશે. અને ઘન ઇંચને બદલે ઘનવાર અથવા ઘન મૈલ લેશે તો સીસાનું વજન ખૂચના કરતાં તેટલાજ ગણું વધારે થશે.

૧૩૪. ખગોળવેતાઓએ પૃથ્વી અને ચંદ્રનું વજન શોધી કહાડ્યું છે અને પ્રત્યેકમાં કેટલા ઘન મૈલ (અથવા ઘન ઇંચ) છે તેની પણ તેમને ખબરછે. એ કારણથી જે પદાર્થની પૃથ્વી

બનેલી છે તેના એક ધનધંચ અથવા ધન મૈલનું વજન જે પદાર્થનો ચંદ્ર બનેલો છે તેના એક ધનધંચ અથવા ધન મૈલના વજન કરતાં ઓછું છે કે વધારે છે, અર્થાત્ ચંદ્ર કરતાં પૃથ્વી વધારે કે ઓછી ઘટ્ટ છે તે તેઓ સહજ જાણી શકેછે. પૃથ્વીના એક ધનધંચનું વજન ચંદ્રના એક ધન ધંચ કરતાં દોઢ ગણું વધારે છે એવું તેમણે શોધી કહાડયું છે તેથી તેઓ કહેછે કે પૃથ્વીના ઘટત્વથી ચંદ્રનું ઘટત્વ માત્ર ૩ છે.

૧૩૫. સાધારણ રીતે એક ધન ધંચ પાણીનું ઘટત્વ અથવા વજન એક લેછે તેથી પાણીના ઘટત્વથી પૃથ્વીનું ઘટત્વ ૫૩ ગણું અને ચંદ્રનું ઘટત્વ ૩૩ ગણું થાયછે. એ પ્રમાણે પ્રત્યેક આકાશી પદાર્થનો

(અ) વિસ્તાર તેના વ્યાસપરથી અમુક ધન મૈલ અથવા ધન ધંચમાં શોધી કહાડેછે.

(બ) તેનું વજન અથવા ગુરુત્વ એટલે તે કેટલા મણુ છે તે બીજા પદાર્થોને આકર્ષણ કરવાની તેની શક્તિ પરથી શોધી કહાડેછે.

(ક) તેનું ઘટત્વ એટલે એક ધનધંચ અથવા ધન મૈલનું વજન તેના ગુરુત્વને તેના વિસ્તાર વૃત્તી ભાગવાથી નીકળેછે.

૧૩૬. ચંદ્રની તેનીતેજ બાજુ નિરંતર આપણી દૃષ્ટિએ પડેછે, કારણ કે ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ ફરેછે તેમ તે પોતાની કક્ષા ઉપર હળવે હળવે ફરેછે અને જેટલા વખતમાં પૃથ્વીની આસપાસ ફરેછે તેટલાજ વખતમાં તે એક ફેરા ફરેછે. ભોંયમાં લાકડી દાટી તેને હાથે વતી ઝાલીને તમારું મોં સદા તેની બાજુ રહે એવી રીતે તમે તેની આસપાસ ફેરા તો તમે જે પ્રમાણે ફેરા તેજ પ્રમાણે ચંદ્ર ફરેછે. પછી આસપાસના પદાર્થોને નિહાળવાથી જણાશે કે તમે લાકડીની આસપાસ એક ફેરા ફેરાછો તેવારે એક પ્રદક્ષિણા થાયછે અને તમને બહુધા ફેર ચક્રવાથી તમારી પ્રદક્ષિણાનો નિશ્ચયાત્મક પુસ્તવો મળેછે.

૧૩૭ આ બિનાપરથી સિદ્ધ થાયછે કે ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ એક પ્રદક્ષિણા કરેછે તેટલા વખતમાં તે પોતાની કક્ષા ઉપર માત્ર એકવાર ફરેછે, અને ચંદ્ર દિવસો આપણા શુભારે ઓગણત્રીસ છે. આપણને શુભારે બાર કલાક એટલે ચોવીસના અડધા કલાક લગી સૂર્ય પ્રકાશ મળેછે; ચંદ્રના પ્રત્યેક ભાગપર લગભગ ચૈદ દિવસ એટલે ઓગણત્રીસના અડધા દિવસ લગી સૂર્યનો પ્રકાશ પડેછે, તેથી ચંદ્ર દિવસમાં તેના પૃથ્વર ફેરવો સખ્ત તાપ અને ચૈદ દિવસની રાત્રિમાં તેની સામેની બાજુપર ફેરવો સખ્ત ઠાઠ પડવી જોઈએ તેની તમે કલ્પના કરી શકશો.

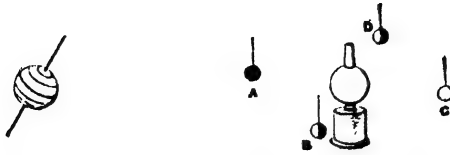
૩.—સૂર્યમાળા.

§ ૧.—સૂર્યની થડમાંના પૃથ્વીના જેવા પદાર્થ

આપણને કેવા દેખાય.

૧૩૮. અત્યાર લગી આપણે જે પૃથ્વીપર વર્ષાએ છીએ તેનું, મહાન્ સૂર્ય અને ચંદ્રનું, અને નાની ચાંદરણીઓનું માત્ર વર્ણન કર્યું.

૧૩૯. આપણી પૃથ્વીના જેવી બીજી પૃથ્વીઓ એટલે ગ્રહો આકાશમાં હોઈ તેમને પોતાનો પ્રકાશ નહોત્ય અને તેઓ પૃથ્વીની પેઠે સૂર્યની આસપાસ ફરે તો કેવો દેખાય નજરે પડે તેની તપાસ કરીએ. તેઓ આપણને કેવા દેખાય? સૂર્યથી પૃથ્વી જેટલે અંતરે છે તેનાથી ઓછે અંતરે તેની આસપાસ ફરતો હોય એવો ગ્રહ પ્રથમ આપણે લઈએ. એ વિષે આપણે વિચાર કરીએ. સૂર્યને બદલે દીવો, પૃથ્વીને હામે નારંગી, અને ચંદ્રને હામે લીધેલો ગોળો બીજા ગ્રહને બદલે લો; હવે એ નવો ગ્રહ સૂર્યની આસપાસ ફરતાં કેવો દેખાય તે બતાવવાને ઝોળાને દીવાની આસપાસ ફરવો અને નારંગી પરથી જોતાં જુદાં જુદાં સ્થળમાં તે કેવો દેખાયછે તે જુઓ.



ચિત્ર ૨૮ મું.—પૃથ્વી અને સૂર્યની વચ્ચે રહેલા પદા.

થંની ગતિ અને દેખાવ બતાવનાર ચિત્ર.

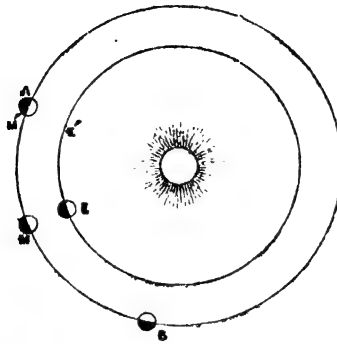
પ્રથમ એને દીવાની અને નારંગીની વચ્ચે A સ્થળે, ચિત્ર ૨૮, મૂકો, એટલે તે સૂર્યની જોડે એક લીટીમાં દેખાઈ આકાશમાં તેની જોડે ફરશે; એ વેળા સૂર્યના ઉચ્ચ તેજને લીધે તે દેખાશે નહિ, પરંતુ સૂર્યની જોડે ઊગી તેની જોડે આથમશે; હવે તેને B સ્થળે ખસેડો, એટલે તે સૂર્યની જમણે પડખે દેખાશે અને સૂર્યોદય પહેલાં ઊગી સૂર્યાસ્ત પહેલાં આથમશે; તેથી તે સૂર્ય ઊગ્યા પહેલાં થોડીવાર માત્ર દૃષ્ટિએ પડશે, અને પ્રતિ દિવસે તારાઓમાં તેનું સ્થળ બદલાતું જશે અને દિવસે સૂર્યના તેજને લીધે બીજા તારાઓની પેઠે તે અદૃશ્ય થશે. તેને C સ્થળે ખસેડો—એટલે તે સૂર્યની જોડે ઊગી તેની જોડે આથમશે અને A આગળ દેખાતો નહોતો તેમ અહીંપણ સૂર્યના તેજને લીધે દેખાશે નહિ. વળી તેને D સ્થળે ખસેડો—એટલે તે સૂર્યને ડાખે પડખે દેખાઈ સૂર્યોદય કેડે ઊગી સૂર્યાસ્ત પછી આથમશે, તેથી તે માત્ર સંધ્યાકાળે દૃષ્ટિએ પડશે. થોડો વિચાર કરવાથી સ્પષ્ટ જણાશે કે ચંદ્રની પેઠે આ ગ્રહની કળા બદલાય છે અને વળી મધ્યરાત્રે તે દેખાતો નથી. પરંતુ એક મોટા ફેર જેવામાં આવશે. આપણે સૂર્યથી સદા લગભગ સરખે અંતરે રહી તેની પ્રદક્ષિણા કરીએ છીએ તેથી સૂર્યનું કદ સદા લગભગ સરખું દેખાય છે; અને પૃથ્વીથી લગભગ સરખે અંતરે રહી ચંદ્ર તેની આસપાસ ફરે છે તેથી તેનું કદ મુદા લગભગ સરખું દેખાય છે. સરખું રૂપ દેખાય છે એમ કું કહેતો નથી એ તમારે

યાદ રાખવું. પરંતુ જે નવી પૃથ્વી વિષે આપણે વિચાર કરીએ છીએ તે સૂર્યની આસપાસ ફરે છે તેથી તે કોઈવાર આપણી અને સૂર્યની વચ્ચે આવશે અને કોઈવાર સૂર્યની સામેની બાજુએ હશે; એ કારણથી આપણી અને તેની વચ્ચેના અંતરમાં ફેર પડશે અને તેથી તેનું દેખાઈતું કદ બદલાશે.

૧૪૦. માટે આ નવી પૃથ્વીને દૂરબીનમાંથી જોઈએ તો તેનું કદ અને ચંદ્રની પેઠે તેનો આકાર પણ બદલાય એ દેખાય અને તે પરનું વાતાવરણ સ્વચ્છ હોય તો તેપરના સાગર અને ખંડ દૃષ્ટિએ પડે અને તે કારણથી તેમની ગતિ પરથી તે પોતાની કક્ષાપર કેટલી ઝડપથી ફરે છે— આપણા દિવસ કરતાં તેપરના દિવસ લાંબા છે કે ટૂંકા છે તેનો નિશ્ચય કરી શકીએ.

§ ૨.—આપણી પૃથ્વી કરતાં સૂર્યથી વધારે દૂર રહેલા પૃથ્વીના જેવા પદાર્થ આપણને કેવા દેખાય તે વિષે.

૧૪૧. આપણી પૃથ્વીની બહારની મેર ઝાડ કેવો દેખાય છે તે બતાવવાને ગોળાને પૃથ્વીની કક્ષાની બહારની બાજુએ સૂર્યની આસપાસ માત્ર ગોળ ફેરવવો પડશે. પ્રથમ એ ગોળાને સૂર્યની પેલીમેર પૃથ્વીની સામેની દિશામાં રાખીએ. એમ કરવાથી સૂર્યના તેજને લીધે તે દેખાશે નહિ, અને ઘડીયાળના કાંટા જે દિશામાં ફરે છે તેની ઝિત્તડી દિશામાં ફેરવીશું તો તે સૂર્યની ડાબી બાજુએ દેખાશે, અને તે કારણથી અંદરની પૃથ્વીની પેઠે સૂર્યાસ્ત કેડે આથમશે. પરંતુ તેની કક્ષાનો એથો ભાગ ફર્યા કેડે તેને આગળ ફેરવો છો તેમ તેમ તે ફરીને સૂર્યની ઘડમાં ન આવતાં તથા તેની અને પૃથ્વીની વચ્ચે ઘડને ન જતાં સૂર્યથી આવેલો જતો દેખાય છે; અને છેવટે



ચિત્ર ૨૯ મું.—આ ચિત્ર પૃથ્વીની કક્ષાની બહાર સૂર્યની

આસપાસ ભ્રમણ કરનારા ગ્રહની ગતિ દર્શાવેછે.

સૂર્યની પેલીમેર પૃથ્વીની સામેની દિશામાં આવી સૂર્યાસ્તે જીગેછે અને મધરાતે દક્ષિણમાં દેખાયછે. સૂર્યની અને પૃથ્વીની વચ્ચે રહેલો ગ્રહ એ રીતે દેખાતો નથી.

૧૪૨. વળી તમારા જોવામાં આવશે કે ૨૫ મા ચિત્રમાં A અને B સ્થળે તેનો કાજો ભાગ થોડોક દેખાશે, તોપણ પૃથ્વીને તેનો લગભગ તમામ પ્રકાશિત ભાગ દેખાયછે, તેથી અંદરના ગ્રહની કળા બદલાયછે તે તમામ કળા બહારના ગ્રહની બદલાશે નહિ. એ કારણથી અંદરનો ગ્રહ સૂર્યને એક પડ-ખેથી બીજે પડખે જતો દેખાશે, પરંતુ બહારનો ગ્રહ આપણી પૃથ્વીની બહાર ધણે અંતરે ફરશે. એવા ગ્રહનું કદ વધતું ઓછું થશે, પરંતુ અંદરના ગ્રહના જેટલું નહિ.

§ ૩. —શું આવા પદાર્થો છે? ગ્રહો.

૧૪૩. જે પદાર્થો વિષે આપણે વિચાર કરીએ છીએ તેવા બહારના અને અંદરના પદાર્થો છે અને તે સર્વને ગ્રહો કહેછે. પૃથ્વીને પણ ગ્રહ કહેછે, કારણ કે બીજા ગ્રહોપર જોશીઓ રહેતા હોય તો તેમને બીજા ગ્રહોની પેઠે પૃથ્વી તારાઓમાં

ફરતી દેખાય. આપણી પૃથ્વી સુદ્ધાં મુખ્ય અહો આઠ છે; અંદરના અહોને બુધ અને શુક્ર તથા બહારના અહોને મંગલ, બૃહસ્પતિ (ગુરુ), શનિ, ગુરુતસ, અને નેપ્ચ્યુન કહેછે. પહેલા ત્રણ અહ આપણી પૃથ્વીથી નાના છે અને બાકીના બહુ મોટા છે.

૧૪૪. બુધ અને શુક્રને અંતર્યહ, એટલે આપણી અને સૂર્યની મધ્યે આવેલા અહો કહેછે, કારણ કે પાછળ કલાપ્રમાણે તેઓ સૂર્યની એક બાજુએથી બીજી બાજુએ ફરતા દેખાય છે. બુધ સૂર્યોદય પહેલાં વહેલો ઊગી અથવા સૂર્યાસ્ત કેડે મોડો આથમી દૃષ્ટિએ પડે એટલો તે સૂર્યથી ઝવચિત્ દૂર જાયછે. પરંતુ શુક્ર સૂર્યથી એટલો દૂર જાયછે કે સૂર્યાસ્ત કેડે અથવા સૂર્યોદય પહેલાં ધણીવાર લગી દેખાયછે. એ કારણથી ઇંગ્રેજીમાં એને પ્રાતઃકાળનો તારો અથવા સાયંકાળનો તારો કહેછે. એ પાછલી રાતે ઊગેછે તેવારે ગૂજરાતનાં ગામડાંના લોક એને ઠગળિયું કહેછે.

૧૪૫. બહારના અહો પાછળ કલા પ્રમાણે આખા આકાશમાં ભ્રમણ કરેછે. પરંતુ એ સર્વ ગતિઓ નારંગી અને ગોળાથી જેવી સમજાયછે તેના કરતાં ઘણી ગુંચવણ બરેલીછે, કારણ કે પૃથ્વી સ્થિર નથી, પરંતુ સૂર્યની આસપાસ બહારના અહો કરતાં ઉતાવળી અને અંદરના અહો કરતાં ધીમી ગતિ કરેછે; અને વાસ્તવિક દેખાઈતી ગતિઓ દર્શાવવાને જે અહોને હામે ગોળો લેવો હોય તેને અનુકૂળ આવે એવે વેગે સૂર્યની આસપાસ નારંગીને ફેરવવી જોઈએ.

૧૪૬. સૂર્યમાળા કહેવાયછે તેમાં સૂર્ય અને તેની આસપાસ ફરનારા અહો છે. વસ્તુતઃ જે જે પદાર્થપર સૂર્યની સત્તા છે તે પ્રત્યેક પદાર્થ સૂર્યમાળાનું અંગ છે.

૧૪૭. એમ અહ ઉપરાંત ધૂમકેતુ અને ઉદકા એટલે ખરતા તારા નામે પદાર્થો સૂર્યમાળાનાં બીજાં અંગ છે તેમનું સવિસ્તર વર્ણન આગળ આપવામાં આવશે; એ સર્વ પદાર્થો મળીને એક પ્રકારનું કુટુંબ બનેછે ને તેગો વડીલ સૂર્ય છે; ઉપરથી જોતાં સૂર્યમાળા કેવી દેખાય તે પાસેના પાનામાં બીજા ચિત્રપટમાં

એનું ચિત્ર આપ્યું છે તે જોવાથી જણાશે. પરંતુ સૂર્યમાળા માંહેલા અહોના આકાર અને અંતરનું અંશ માન સમજવનું મુશ્કેલ છે. વાસ્તવિક માન સમજવાને સૂર્યને બદલે એ કુટથી કાંઈક વધારે વ્યાસનો ગોળો લો; એટલે સૂર્યના પ્રમાણમાં બુધને ઠામે રાઈનો દાણો લેઈ તેને ૧૬૪ ફુટ વ્યાસના વર્તુલમાં ફરતો લેવો પડશે. શુક્રને ઠામે વટાણો લેઈ તેને ૨૮૪ ફુટ વ્યાસના વર્તુલમાં, પૃથ્વીને બદલે પણ વટાણો લેઈ તેને ૪૩૦ ફુટ વ્યાસના વર્તુલમાં; મંગળને ઠામે મોટી ટાંકણીનું માથું લેઈ ૬૫૪ ફુટ વ્યાસના વર્તુલમાં; નાનાં અહોને બદલે રેતીના કણુ લેઈ તેમને ૧,૦૦૦ થી ૧,૨૦૦ ફુટની કક્ષામાં; બૃહસ્પતિને ઠામે મધ્યમ કદની નારંગી લેઈ તેને લગભગ અડધો મૈલ વ્યાસના વર્તુલમાં; શનિને બદલે નાની નારંગી લેઈ તેને ૬ મૈલ વ્યાસના વર્તુલમાં; યુરેનસને ઠામે મોટું બોર લેઈ તેને દોઢથી વધારે મૈલના ગોળના પરિધમાં, અને નેપ્ચ્યુનને બદલે નાનું બોર લેઈ તેને લગભગ અઢી મૈલ વ્યાસના વર્તુલમાં ફરતા લેવા પડશે.

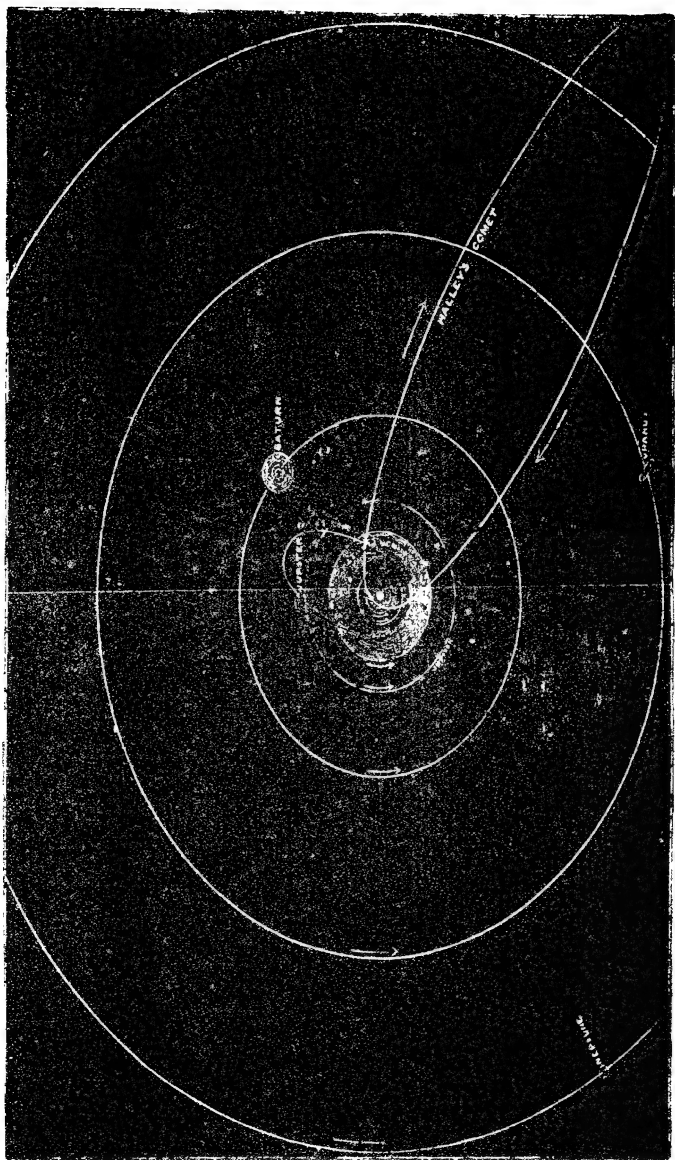
૧૪૮. સૂર્યથી પૃથ્વીનું અંતર ૧૪૭ મી કલમમાં ૪૩૦ ફુટના અર્ધ એટલે ૨૧૫ ફુટથી દર્શાવ્યું છે તે વસ્તુતઃ ૯,૧૦,૦૦૦૦૦૦ મૈલ છે એવું મેં પાછળ કહ્યું છે, પરંતુ આ અંતરની કલ્પના કરવી કઠણ છે. હું એટલુંજ કહું છું કે કલાકે ત્રીસ મૈલ ચાલે એવી રીતે આગગાડી સને ૧૮૭૫ ના જાનેવારીની ૧ લી તારીખે પૃથ્વીને છોડીને જાય તો તે સને ૨૨૧૩ ના જૂન મહીનામાં માત્ર સૂર્યમાં જઈ પહોંચે.

૧૪૯. આવા અધૂરા જ્ઞાનથી આરંભ કરી આપણે હવે અંદરના અહો એટલે જો અહો પૃથ્વી કરતાં સૂર્યની વધારે પાસે છે તેમને વિષે વિચાર કરીએ.

§ ૪.—અંદરના ગ્રહો.

બુધ.

૧૫૦. બુધ એ સૂર્યની પાસેમાં પાસેનો ગ્રહ છે અને તે શુભારે—૩,૫૦,૦૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે સૂર્યની આસપાસ ફરે-



सूर्यमण्डल.

છે. સૂર્યથી પૃથ્વીનું અંતર ૯, ૧૦, ૦૦૦૦૦૦ મૈલ છે, તેથી બુ-
ધની કક્ષાનો વ્યાસ પૃથ્વીની કક્ષાના વ્યાસથી લગભગ ત્રીજે
હિસ્સે છે. બુધ કોઈવાર સૂર્યોસ્ત કેડે અને કોઈવાર સૂર્યોદય
પહેલાં થોડીવાર દૃષ્ટિએ પડેછે, કારણ કે સૂર્યને છોડીને તે
કદી દૂર જતો નથી. તેને પોતાની કક્ષામાં ફરતાં ૮૪ દિવસ
લાગેછે તેથી તેનું વરસ આપણા વરસના ચતુર્થાશથી ઓછું
છે. એની કક્ષા બીજા ચિત્રપટમાં બતાવી છે અને ચંદ્રની
કક્ષાની પેઠે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીને કાંઈક નમેછે; એટલે પૃ-
થ્વીની કક્ષાને પાણીની સપાટીપર તરતી ધારીએ તો બુ-
ધની કક્ષાનો થોડોક ભાગ પાણીની સપાટીની નીચે અને
થોડોક ભાગ તેની ઉપર રહેશે. આકૃતિમાં જોવાથી જણા-
શે કે તે સદા સૂર્યની સમીપ દેખાશે. બુધ આપણી ડાબી મેર
એટલે સૂર્યની જમણી બાજુએ હોયછે તેવારે તે સૂર્યની સાથે
ફરી તેની કેડે તુરત આથમતો દેખાય છે; આપણી જમણી
મેર એટલે સૂર્યની ડાબી બાજુએ હોયછે તેવારે તે સૂર્યની
આગળ જઈ તેની પહેલાં આથમેછે અને તેથી માત્ર
પ્રાતઃકાળે દૃષ્ટિએ પડેછે. એ વેળા તે સૂર્યોદયની થોડી વાર
પહેલાં જોયેછે.

૧૫૧. દૂરબીનમાંથી જોતાં બુધની કળા ચંદ્રની પેઠે બ-
દલાતી દેખાયછે. જે કારણથી ચંદ્ર કળા બદલેછે તેજ કાર-
ણથી એ બદલેછે. બુધ પોતાની કક્ષામાં ફરતાં જુદે જુદે સ્થળે
આવેછે તે દર્શાવવાને ૨૮ મા ચિત્રમાં તેને બદલે ગોળો લે-
વાથી એ ગિતા ધ્યાનમાં આવશે. તે આપણી અને સૂર્યની
વચ્ચે (અથવા યોગમાં) હોયછે તેવારે તે દેખાતો નથી,
કારણ કે તેનો નિસ્તેજ ભાગ આપણી બાજુ હોયછે, અને
તે સંયોગરેખા છોડીને આગળ જાયછે તેમ તેમ તેનો
પ્રકાશિત ભાગ વધારે વધારે દેખાતો જઈ છેવટે આપણી

સામે એટલે પ્રતિયોગમાં આવેછે. તે વારે સકળ પ્રકાશિત ભાગ દૃષ્ટિએ પડેછે.

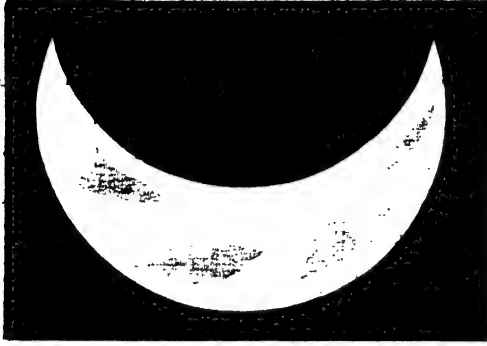
૧૫૨. ખુધ વિષે થોડુંજ જાણવામાં આવેલું છે; પૃથ્વીની પેઠે તેના પર કોરી જમીન અને પાણી છે કે નહિ, અથવા ચંદ્રની પેઠે નિર્જળ છે, કિંવા ત્યાં વસ્તી હોય તો સૂર્યના ઉગ્ર તાપથી તેમનું રક્ષણ કરવાને ધાડું મેઘમય વાતાવરણ છે કે નહિ તેની આપણને ખબર નથી. તેનું ઘટવ (કલમ ૧૩૩) પૃથ્વીના ઘટવથી વધારે છે એટલુંજ આપણે જાણીએ છીએ.

શુક્ર.

૧૫૩. ખુધની પછી શુક્ર છે તે સૂર્યથી શુમારે ૬,૬૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે છે અને તેનો વ્યાસ પૃથ્વીના વ્યાસ જેટલો લગભગ મોટો છે. ખુધની પેઠે એ ગ્રહ સૂર્યની આસપાસ ફરવામાં પોતાની કક્ષાના જે સ્થળમાં હોયછે તે સ્થળ પ્રમાણે સૂર્યાસ્ત કેડે અથવા સૂર્યોદય પહેલાં બહુધા દૃષ્ટિએ પડેછે. ખુધમાં અને શુક્રમાં ફેર એટલો છે કે એની કક્ષા ખુધની કક્ષાની બહાર હોવાથી ચંદ્રરણીઓમાં સૂર્યના દેખાઈતા સ્થળથી તે ઘણું અંતરે જઈ શકેછે અને તે કારણથી એની બેશ તપાસ કરી શકાયછે. બધા ગ્રહોમાં એનું તેજ વધારે છે અને તે દેખાયછે તેવારે ઓળખાયછે, ભૂલ થતી નથી. સૂર્યની આસપાસ વાર્ષિક ભ્રમણ કરવાને તેને ૨૨૪ દિવસ લાગેછે અને પોતાની કક્ષા ઉપર ૨૩ $\frac{1}{4}$ કલાકમાં તે ફરી રહેછે. એ પરથી તેના દિવસની લંબાઈ નક્કી થાયછે.

૧૫૪. પૃથ્વીના સંબંધમાં આપણે કહી ગયા કે તેની ધરી ક્રાંતિવૃત્તને નમેછે તેથી ઋતુભેદ થાયછે અને પૃથ્વીનો ધ્રુવ ક્રાંતિવૃત્તને લંબ અથવા ઊભો ન હોતાં તેને ૨૩° નમેછે (કલમ ૭૧). શુક્રનો આંસ ક્રાંતિવૃત્તને પંડ અથવા ઊભો અને ક્ષિતિજસમસૂત્રસ્થિતિના લગભગ અધ્ય જેટલે અંતરે નમેછે

એવું કહેવાયછે. એનું પરિણામ એ થાયછે કે પૃથ્વીપર ઋતુના ફેરફાર થાયછે તેના કરતાં શુક્રમાં ઋતુના ફેરફાર વધારે થાયછે.

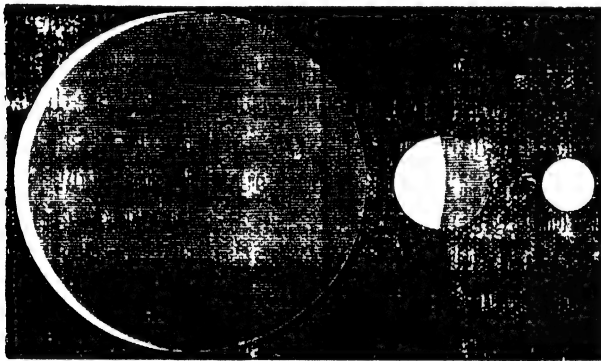


ચિત્ર ૩૦ મું.—શુક્ર. તેના પૃથ્વીપરનાં ચિન્હો દર્શાવ્યાંછે.

બુધ કળા બદલેછે તેમ શુક્ર પણ કળા બદલેછે, અને જે કારણથી બુધની કળા બદલાયછે તેજ કારણથી શુક્રની કળા બદલાયછે. શુક્રના પૃથ્વી વિષે બહુજ થોડું જાણવામાં આવેલુંછે; પરંતુ ઉત્કૃષ્ટ દૂરબીનમાંથી તેના પૃથ્વીપર કેટલાક કાળા ડાઘા ધણીવાર દૃષ્ટિએ પડેછે. એ કદાચ વાદળાંમાં પડેલી ફાટો હશે ને તેમાંથી શુક્ર પંડે દેખાયછે. શુક્રનું ઘટત્વ પૃથ્વીના ઘટત્વ જેટલું લગભગ છે.

૧૫૫. થોડો વિચાર કરવાથી તમારા જાણવામાં આવશે કે પૃથ્વીપરથી જોતાં શુક્રના દેખાઈતા કદમાં ઘણો ફેરફાર થવો જોઈએ; તેને પૂર્ણ જોઈ શકીએ તો જેમ તે પૃથ્વીની થડમાં વધારે આવે તેમ વધારે મોટો દેખાય; ચંદ્રની પેઠે તેની કળા બદલાયછે, તથાપિ ચંદ્રની પેઠે એનું કદ 'સરખું' ન રહેતાં તેમાં વધ ઘટ થાયછે. એ વિષે આપણે વધારે બારીકાથી તપાસ કરીએ. જ્યારે પૃથ્વી અને સૂર્યના લગભગ મધ્ય ભાગે

શુક્ર હોયછે—એ કારણથી તે વેળા તે સુદ બીજ કે ત્રીજના ચંદ્ર જેવો સુંદર અર્ધ કમાન આકારે દેખાયછે—તેવારે તે આપણાથી માત્ર ૨,૫૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે હશે (કારણ કે આપણે સૂર્યથી ૯,૧૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે છીએ અને સૂર્યથી તે ૬,૬૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે છે); પરંતુ સૂર્યની બીજી બાજુએ તે હોયછે તે વારે તે આપણાથી ૧૫,૭૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે હોયછે (એટલે આપણાથી સૂર્યનું અંતર ૯,૧૦,૦૦૦૦૦ અને બીજી બાજુએ સૂર્યથી શુક્રનું અંતર ૬,૬૦,૦૦૦૦૦ મૈલ છે), તેથી ૧૫૭ અને ૨૫ ની અથવા ૬ અને ૧ ની વચ્ચે જેટલું પ્રમાણ છે તે પ્રમાણમાં તેનું કદ બદલાશે. એ કારણથી શુક્રની ક્રાર, આપણને તે પૂર્ણ દેખાયછે તેવારે જેવડો વર્તુલ દેખાયછે તેનાથી છગણા મોટા



ચિત્ર ૩૧ મું.—શુક્ર પૃથ્વીથી ઓછામાં ઓછે, મધ્યમ, અને વધારેમાં વધારે અંતરે હોયછે તેવારે તેનું દેખાઈતું કદ.

વર્તુલનો ભાગ દેખાશે. એ ફેરફાર ૩૧ મા ચિત્રમાં બતાવ્યાછે.

૧૫૬. શુક્ર અને બુધ સૂર્યની પૃથ્વી ભણીની આગ્નૂએ કોઈવાર હોયછે તેવારે તેઓ સૂર્યના બિંબમાં કાળા ડાઘા જેવા દેખાયછે. એને બુધ અથવા શુક્રનું સંક્રમણ કહેછે ; એટલે આપણી અને સૂર્યની બરાબર મધ્યમાં થઈને ગ્રહનું જતું ; એ કારણથી તે સૂર્યના બિંબપર દેખાયછે.

૧૫૭. સૂર્યગ્રહણ ચંદ્રવડે થાયછે તેમ અંદરનો ગ્રહ સંપાત બિંદુઓમાંના એકની થડમાં આવી સૂર્યના બિંબપર થઈને જાયછે એટલે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીની એક આગ્નૂએથી બીજી આગ્નૂએ જાયછે તેવારે તેનું સંક્રમણ માત્ર થઈ શકે. અથવા તે ગ્રહ અને પૃથ્વી હરકોઈ સંપાત બિંદુએ એક લીટીમાં આવેછે તેવારે માત્ર સંક્રમણ થઈ શકે. શુક્રનું સંક્રમણ સને ૧૮૭૪ માં અને સને ૧૮૮૨ માં થયું હતું. તે પાછું ૧૦૫૩ વર્ષ લગી થવાનું નથી.

૧૫૮. શુક્રની પછી પૃથ્વી આવેછે. એ ગ્રહ ઉપર આપણે વશીએ છીએ અને એના વિષે પાછળ કહી ગયા છીએ તેથી હવે બહારના ગ્રહોનું વર્ણન કરીએ.

§ ૫.—બહારના ગ્રહો.

૧૫૯. સૂર્યમાળામાં પૃથ્વી પછીનો ગ્રહ મંગળ છે. જે કક્ષામાં એ ગ્રહ ફરેછે તેનું સૂર્યથી સરાસરી અંતર ૧૩,૯૦,૦૦૦૦૦૦ મૈલ છે. તે પોતાની ધરીપર ૨૪૩ કલાકમાં ફરી રહેછે તેથી આપણા દિવસથી તેનો દિવસ અડધો કલાક મોટો છે. તેનો વ્યાસ પૃથ્વીના વ્યાસનો લગભગ અર્ધ છે.

૧૬૦. સૂર્યની આસપાસ વાર્ષિક ભ્રમણ કરવાને મંગળને ૬૮૬ દિવસ લાગેછે તેથી તેનું વરસ આપણા વરસથી લગભગ બમણું છે. એની કક્ષા પૃથ્વીની કક્ષાની બહાર હોવાથી એ ગ્રહ સૂર્યની અને પૃથ્વીની વચ્ચે થઈને કદી જતો નથી અને તે કારણથી શુક્ર અને બુધની જેમ એની કળા બદલાતી નથી;

પરંતુ તે પોતાની કક્ષામાંનાં એ સ્થળમાં પોણા ટ્રિવાક્ષર થઈ તેનું તેજ એક પાત્તુએ કાંઈક ઓછું થયેલું ભાસેછે તે ૨૯ મા ચિત્રમાં જોવાથી જણાશે. એ ચિત્રમાં પૃથ્વી E સ્થળે છે અને એ સ્થળ A અને B આગળ દર્શાવ્યાં છે અને એ બિંદુએ કાળા પડખાનો થોડો ભાગ આપણી ભણી હોઈ પૂતેમની પહેલા અથવા પછીના એ ત્રણ દિવસના ચંદ્રના જેવો દેખાશે.

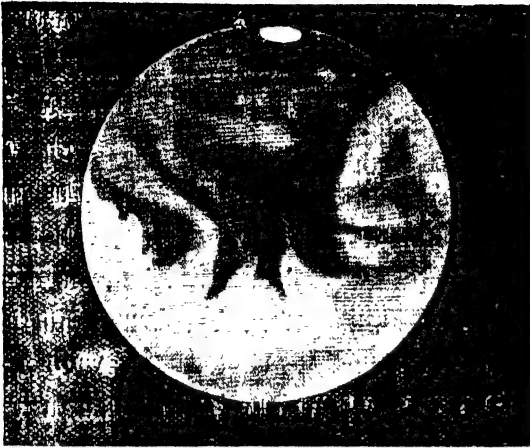
૧૬૧. આપણી પેલી મેર સૂર્યની સામે M બિંદુએ મંગળ હોયછે તેવારે તેનો પ્રતિયોગ થયેલો કહેવાયછે; એ વેળા તે આપણી છેક પાસે (એનું અંતર ૧૩,૯૦,૦૦૦૦૦—૯,૧૦,૦૦૦૦૦ = ૪,૮૦,૦૦૦૦૦ મૈલ) હોઈ પૂર્ણ પ્રકાશમાન હોયછે; માટે એ ગ્રહની નિરીક્ષા કરવાનો સમય એ છે. પરંતુ એની કક્ષા અત્યંત કેન્દ્રોદ્ગર્તી અથવા અંડાકાર હોવાથી એક દિશામાં તે પૃથ્વીની કક્ષાની બહુ પાસે અને બીજી દિશામાં તેનાથી દૂર હોયછે, અને મંગળ અને પૃથ્વી પોતાની કક્ષામાં છેક પાસેનાં સ્થળે હોયછે ત્યારે પ્રતિયોગ થાયછે તેવી રીતે અનેછે તેવારે અતિ અનુકૂળ પ્રતિયોગ હોયછે. અતિ પ્રતિકૂળ અંતરે આપણાથી તે જોડેલો દૂર હોયછે તેનાથી લગભગ અડધે અંતરે માત્ર તે એ વેળા હોયછે. એની ધરીનો વાંક લગભગ પૃથ્વીની ધરીના વાંક જેટલો એટલે ૨૯° છે તેથી મંગળની ઋતુઓ આપણી ઋતુઓના જેવીજ હોવી જોઈએ.

૧૬૨. નરી આંખે જોતાં મંગળ રતાશપર દેખાયછે, તેથી તે સહજ ઓળખી શકાયછે, પરંતુ દૂરબીનમાંથી તેની રતાશ કાંઈક ઓછી જણાયછે અને તેનું પૃષ્ઠ તેજોમય દીસેછે. તથા તેપર કેટલાક કાળા ભાગ દૃષ્ટિએ પડેછે. પ્રકાશિત ભાગ જમીત છે અને કાળા ભાગ સાગર છે. મંગળપર વસનારા લોકોને જેવી પૃથ્વી દેખાય તેવો તે આપણને દેખાયછે એ તેના

ખીજ અહોથી વધારે નવાઈ જેવું છે. ધ્રુવની આસપાસનું પૃથ્થ ઘોળું દીસેછે અને વખતે વખતે ડાધાની નિરીક્ષા કરવાથી પ્રત્યેક ધ્રુવની આસપાસનો ઘોળો ભાગ તે ગોળાર્ધમાં જેમ જેમ ઊનાળો પાસે આવતો જાયછે તેમ તેમ નાનો થતો દેખાયછે, પરંતુ સામેના ધ્રુવની આસપાસનો ઘોળો ભાગ શિયાળામાં મોટો થાયછે, તેપરથી આપણી પૃથ્વીના ધ્રુવની આસપાસ ખરફ છે તેના જેવું ત્યાં હશે એવું આપણે ધારીએ છીએ. મોટા દૂરખીનમાંથી મંગળ કેવો દેખાયછે તેનો કાંઈક આભાસ હેઠલા ચિત્રપરથી મનમાં આવશે. એ દેખાવનું મુખ્ય લક્ષણ એ છે કે આપણી પૃથ્વીપર કોરી જમીન કરતાં લગ-



ચિત્ર: ૩૨ મું.—મંગળ. આ ચિત્રપરથી ધ્રુવ આમ-
ળતા હિમમયભાગ અને જમીન તથા સમુદ્ર દેખાયછે.
બગ. ચોગણું પાણી છે તેમ મંગળપર ન હોતાં ત્યાં પાણી કર-
તાં લગભગ ચોગણી જમીન છે.



ચિત્ર ૩૩ મું.—મંગળની ખીજ બાજુનો દેખાવ.

લઘુ ગ્રહો.

૧૬૩. મંગળની પેલી મેર લઘુ ગ્રહો નામે ઝીણા ગ્રહોનું ટોળું છે તેમનું સૂર્યથી અંતર બહુ ભિન્ન ભિન્ન નથી અને તેઓ મંગળની કક્ષાની બહાર પોતાની કક્ષાઓમાં ફરેછે. એ ગ્રહોમાં વેસ્ટા, પાલાસ, જ્યૂનો, અને સીરિસ મુખ્ય છે, પરંતુ તેમના વ્યાસ થોડાક સો મૈલ માત્ર છે અને તેઓ નરી આંખે ભાગ્યે દેખાયછે કે નએ દેખાય. તેઓની લઘુતાને લીધે તેમના વિષે જાણવા લાયક કંઈ નથી. મોટા ગ્રહોની કક્ષા ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીને જોટલી નમેછે તેના કરતાં એ નાના ગ્રહોની કક્ષા વધારે નમેછે; પરંતુ તેમની કક્ષાઓ જોડે તેમના ધ્રુવ કેટલા અંશના ખૂણા કરેછે તેની આપણને ખબર નથી. તેમની સંખ્યા મોટી છે, ૧૩૦ ને શુમારે છે; શુમારે કહેવાનું કારણ એ છે કે દર વરસે કેટલાક નવા જડતા જાયછે અને તેમનાં નામ પાડવામાં લગભગ તમામ દેવતાનાં નામ ખપી ગયાં હશે. એ નાના ગ્રહોમાંના

ધણાકનું તેજ દશમા વર્ગના તારાના જોટલું માત્ર છે અને તેમના પૃથ્વું ક્ષેત્રફળ આપણા એકાદ નાના તાલુકાના ક્ષેત્રફળથી ઘણું મોટું નહિ હોય.

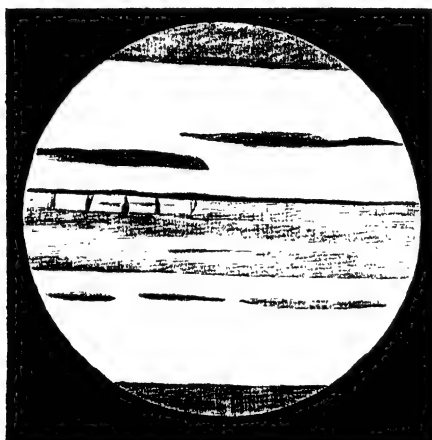
બૃહસ્પતિ (ગુરુ).

૧૬૪. લઘુ ગ્રહોની કક્ષાઓની બહાર સૂર્યમાળામાંનો મોટામાં મોટો ગ્રહ બૃહસ્પતિ છે. એ ગ્રહ તમે કોઈવાર જોયો હશે. એ દૃષ્ટમર્યાદાની ઉપલી મેર હોય છે ત્યારે એના ઉચ તેજને લીધે એને ઓળખવામાં ભૂલ થતી નથી. એનાથી માત્ર શુક્રનું તેજ વધારે છે. સૂર્યની થડમાં હોવાથી શુક્રને બૃહસ્પતિથી ઓળખી શકાય છે. બૃહસ્પતિ સૂર્યથી ૪૭,૬૦,૦૦૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે રહેલી કક્ષામાં ફરે છે અને તેનું વરસ ૪,૩૩૩ દિવસનું છે.

૧૬૫. સાધારણ શક્તિવાળા દૂરબીનમાંથી જોતાં બૃહસ્પતિ અંકાર દેખાય છે. ધ્રુવ આગળ તે બહુજ ચપટો છે અને તેના પર કેટલીક કાળી મેખળાઓ આડી પડેલી છે તે પાસેનું ચિત્ર જોવાથી જણાશે. વળી એના પૃથ્વ ઉપર મોટા ઢાળા ડાઘા અને ખીન્ન ચિન્હો ઘણીવાર દૃષ્ટિએ પડે છે તે વિષે હમણા વધારે કહેવામાં આવશે. એ ચિન્હોની ગતિ પરથી નક્કી થયું છે કે ધરી ઉપર એના ભ્રમણનો કાળ શુભારે દશ કલાક એટલે આપણા એક દિવસના અર્ધ કરતાં ઓછો છે, અને એનો વ્યાસ આપણી પૃથ્વીના વ્યાસથી લગભગ દશ ગણો મોટો છે. મોટે એના ધ્રુવ પૃથ્વીના ધ્રુવથી વિશેષ ચપટા હોવા જોઈએ અને એનો વિષુવવૃત્ત પૃથ્વીના વિષુવવૃત્તથી વિશેષ ઊપસેલો હોવો જોઈએ, કારણ કે વિષુવવૃત્ત આગળનો એનો વેગ પૃથ્વીના વિષુવવૃત્ત આગળના વેગથી વીસ ગણો એટલે દર કલાકે ૨૦,૦૦૦ મૈલ હોવો જોઈએ.

૧૬૬. એના પૃથ્વ ઉપર મેખળા અને ખીન્ન ચિન્હો છે તે વિષે આપણે ઉપર કહી ગયા, એવું સંભવે છે કે બૃહસ્પતિ પર વા-

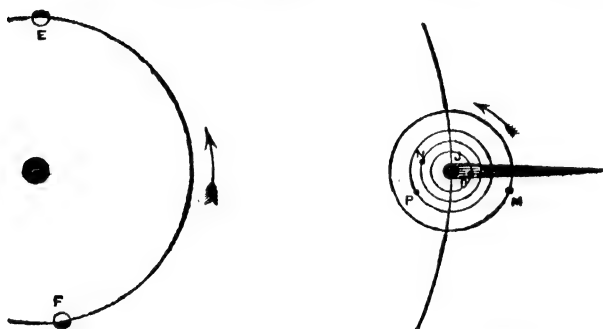
દૃશ્યોનું આચ્છાદન હોવાથી તે પ્રકાશમાન દેખાયછે, અને કાળી મેખળાઓ વાદળોમાં ફાટ હોઈ તે વાટે એ ગ્રહનું અંગ અથવા ખડું જોતાં હેઠલાં વાદળોનાં નીચલાં પડતું કાળું પૃષ્ઠ આપણી દૃષ્ટિએ પડેછે. એ મેખળાઓની સંખ્યા અને કદ નિરંતર બદલાયછે, અને વાદળોના સેતુઓ કાળા ભાગપર સદા આવ્યાં કરેછે તે પરથી સ્પષ્ટ જણાયછે કે બૃહસ્પતિનું પૃષ્ઠ આપણને દેખાતું નથી, પરંતુ અતિ મેઘમય વાતાવરણ માત્ર દૃષ્ટિએ પડેછે.



ચિત્ર ૩૪ મું.—આ ચિત્ર બૃહસ્પતિ, અને તે પરની વાદળોની મેખળા દર્શાવેછે.

૧૬૭. આપણા જોવામાં આવ્યું કે અત્યાર સુધી વર્ણવેલા ગ્રહો એક બાબતમાં પૃથ્વીથી જુદા પડેછે,—તેમને ચંદ્રો નથી. પરંતુ બૃહસ્પતિને ચાર ચંદ્રો અથવા ઉપગ્રહો છે તે તેની આસપાસ ફરેછે અને આપણા ચંદ્રની પેઠે કળા બદલેછે. તે સર્વેનું કદ લગભગ સરખું હોઈ પ્રત્યેકનો વ્યાસ શુમારે ૨,૦૦૦

મૈલ છે, પરંતુ બૃહસ્પતિથી તેમનાં અંતર ભિન્ન ભિન્ન છે, અને તેથી તેમને મુખી (બૃહસ્પતિ) ની આસપાસ ફરતાં બહુ ભિન્ન ભિન્ન કાળ લાગે છે. પહેલો ઉપગ્રહ બેથી ઓછા દિવસમાં, બીજો ૩૬ દિવસમાં, ત્રીજો સાત દિવસ અને ત્રણ કલાકમાં, અને ચોથો ૧૬૩ દિવસમાં ફરી રહે છે. તેમની કક્ષાઓ બૃહસ્પતિની કક્ષાની સપાટીને ઘણીજ થોડી નમે છે તેથી તેઓ સૂર્ય અને બૃહસ્પતિની વચ્ચે થઈને જાય છે તેવારે એ ગ્રહના પૃથ્થના હર કોઈ ભાગપર સૂર્યનું ગ્રહણ દેખાય છે; માત્ર ચોથા ચંદ્રની કક્ષા



ચિત્ર ૩૫ મું. — બૃહસ્પતિના ચંદ્રોનાં ગ્રહણ, તિરો-
ધાન અને સંક્રમણની સમજાવતી આપનારું ચિત્ર.

એટલી નમે છે કે તેથી સૂર્ય અને બૃહસ્પતિને જોડનારી રેખાની ઉપલી મેર અથવા નીચલી મેર તે જઈ શકે છે અને તે કારણથી પ્રત્યેક ફેરે ગ્રહણ થતું નથી. બાકીના ત્રણ ચંદ્રોપર બૃહસ્પતિની છાયા પ્રત્યેક ફેરે પડી તેમનાં ગ્રહણ થાય છે તેનું કારણ આગળ કહ્યું તે છે.

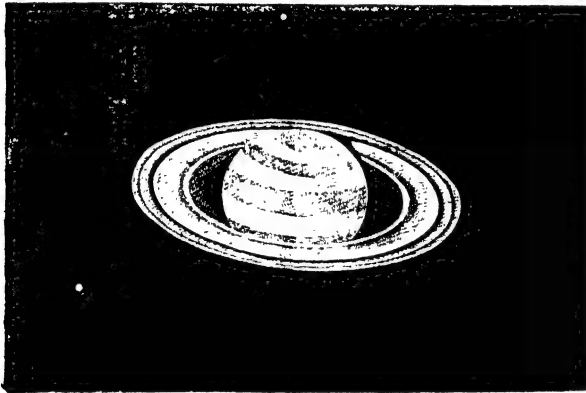
૧૬૮. દૂરબીનમાંથી જોતાં એ ચંદ્રો (જેવી રીતે અંદરના ગ્રહો સૂર્યને બેઠ પડે જતા દેખાય છે તેવી રીતે) બૃહસ્પતિની અને બાજુએ જતા દેખાય છે, અને એક બાજુએથી બીજી બાજુએ જતાં તેઓ ઘણું કરીને ગ્રહના બિંબપર થઈને જાય છે એટલે બિંબઉપર ચંદ્રનું સંક્રમણ થયું એમ કહે છે. આપણે

સૂર્ય અને બૃહસ્પતિને જોડનારી લીટીથી એટલે બધે અંતરે હોઈએ કે છાયાને ચંદ્ર ઢાંકી દે નહિ ત્યારે બિંબપર થઈને જતાં ચંદ્રની છાયા પણ આપણી દૃષ્ટિએ પડે. એ ચંદ્રો બૃહસ્પતિના બિંબની પેલીમેર જાયછે તે વારે કોઈ કોઈ વાર એકદમ અદસ્ય થાયછે અથવા તેઓ બૃહસ્પતિની છાયામાં જાયછે, ત્યારે તેમનું ગ્રહણ થાયછે, પરંતુ આપણે એવે સ્થળે હોઈએ કે બૃહસ્પતિની જે બાજુની પછવાડે ચંદ્ર જાયછે તેની સામેની બાજુએ બૃહસ્પતિની છાયા પડે; તેથી ચંદ્રનું ગ્રહણ ન થતાં તે બિંબની પાછળ જાયછે એટલે તેનું તિરોધાન થયું એમ કહેછે. ૩૫ મું ચિત્ર જોવાથી આ બિના સ્પષ્ટ સમજાશે; પૃથ્વી પોતાની કક્ષામાંના E બિંદુએ હોયછે તેવારે N ચંદ્રનું સંક્રમણ દૃષ્ટિએ પડેછે, અને M ચંદ્રનું તિરોધાન અને O નું ગ્રહણ થયેલું હોયછે, અને આ સ્થળેથી જોતાં પ્રત્યેક ચંદ્રનું ગ્રહણ થયા પહેલાં તેનું તિરોધાન થયું જોઈએ; પરંતુ પૃથ્વી I' બિંદુએ હોયછે તેવારે M ચંદ્રનું તિરોધાન ન થતાં તે છાયામાં જશે અને તિરોધાન થયાવિના તેનું ગ્રહણ થશે અને એ બિંદુમાંથી P ચંદ્રનું સંક્રમણ થશે અને O ચંદ્રનું પણ ગ્રહણ થશે, પરંતુ છાયામાંથી મુક્ત થતાં વારને તે બૃહસ્પતિની પાછળ જશે અને તિરોધાનમાંથી પાછો દસ્ય થશે.

૧૬૯. બૃહસ્પતિની ધરીનો વાંક અતિ અલ્પ એટલે 8° થી લગીર માત્ર વધારે છે, તેથી બૃહસ્પતિની ઋતુમાં જણાઈ આવે એવો ફેરફાર થતો નથી. બૃહસ્પતિનું કદ અથવા વાસ્તવિક કહીએ તો તેનો વિસ્તાર પૃથ્વીના વિસ્તાર કરતાં ૧,૩૦૦ થી વધારે ગણો મોટો છે, —એટલે આપણી પૃથ્વી જેવડા તેરસે જોળાનો એક જોળો બનાવીએ તો તે માત્ર બૃહસ્પતિના જેવડો થાય, —તથાપિ તેનું વજન પૃથ્વીના વજનથી માત્ર ત્રણસે ગણું વધારે છે, તેથી જે દ્રવ્યોનો બૃહસ્પતિ બન્યોછે તે દ્રવ્યો ભારમાં પૃથ્વીનાં દ્રવ્યથી ઘણા હલકા પ્રકારનાં છે; પૃથ્વીનું ઘટલ એક લેઈએ તો બૃહસ્પતિનું ઘટલ $\frac{1}{8}$ થી ઓછું થશે.

શનિ.

૧૭૦. બૃહસ્પતિ પછી હવે શનિ છે. એ ગ્રહ દૂરબીનમાંથી મહા ભભકાદાર દેખાયછે. એને આઠ ચંદ્રો છે તે ઉપરાંત તેની આસપાસ મોટી પ્રકાશમાન મેખળા છે. એ ગ્રહ સૂર્યથી શુભારે ૮૭,૨૦,૦૦,૦૦૦ મૈલને અંતરે રહેલી કક્ષામાં ફરેછે અને તેને પોતાનું વરસ પૂરું કરતાં ૧૦,૭૫૯ દિવસ અથવા આપણા એક વર્ષ જેવડાં લગભગ ત્રીસ વર્ષ લાગેછે. તેનો વ્યાસ પૃથ્વીના વ્યાસથી નવગણો મોટો છે



ચિત્ર ૩૬ મું.—શનિ અને તેની મેખળાઓ.

શનિના પૃથ્વિ ઉપર (બૃહસ્પતિના પૃથ્વિ પરના ડાઘા અને મેખળાઓને કાંઈક મળતા) ડાઘા અને મેખળાઓ છે તેમની નિરીક્ષા પરથી તેની દૈનિક ગતિનો કાળ આશરે ૧૦૬ કલાક એટલે બૃહસ્પતિની દૈનિક ગતિના કાળથી લગીર વધારે છે એવું નક્કી થયુંછે, અને તેની રચના બહુધા બૃહસ્પતિના જેવીજ છે એવું સંભવેછે, કારણ કે બૃહસ્પતિની પેઠે એનાપર મેખળા ઉત્પન્ન કરનાર વિસ્તીર્ણ મેઘમય વાતાવરણ પથરાયલું દેખાયછે; વળી આપણી પૃથ્વીના દ્રવ્યથી એનું દ્રવ્ય ઘણું હલકું છે; એનાં

દ્રવ્યનું ઘટત્વ યૃદ્ધસ્પતિનાં દ્રવ્યના ઘટત્વથી માત્ર અડધું છે. શનનો આંસ આશરે ૨૬ $\frac{1}{2}$ નો ખૂણો કરેછે, તેથી આપણી પૃથ્વીની પેઠે ત્યાં ઋતુઓનો ફેરફાર થાયછે.

૧૭૧. હવે મેખળાઓ વિષે બોલીએ. એ મેખળાઓ કેવી છે? સાધારણ રીતે ૩૬ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે એકની બહાર એક એમ ત્રણ મેખળાઓ અનુક્રમે દેખાયછે. છેક બહારની મેખળાનો વ્યાસ શુમારે ૧,૬૬,૦૦૦ મૈલ છે. બહારની એ મેખળા અતિશય ચળકતી છે, અને અંદરની મેખળા મોટા દૂરગ્રીનમાંથી માત્ર દેખાયછે, અને તેમાંથી ગ્રહનો ગોળો દૃષ્ટિએ પડેછે. એ મેખળાઓ અતિશય પહોળી હોવા છતાં તેમની ગ્નડાર્ડ શુમારે ૧૩૮ મૈલ માત્ર છે, અને કક્ષામાં ફરતાં કેટલેક સ્થળે તેમની કોર આપણી બહારી હોયછે તેવારે ઉત્તમ દૂરગ્રીનમાંથી પણ ક્રચિત્ દેખાયછે. એવું ધારવામાં આવેછે કે એ મેખળાઓ શનિની આસપાસ ફરનારા નાના ચંદ્રો અથવા ઉપગ્રહોનો મોટો જથ્થો છે.

૧૭૨. શનિના ચંદ્રો આડ છે તેઓ યૃદ્ધસ્પતિના ચંદ્રોના જેટલા આપણે કામના કે મનોરંજક નથી. તેઓ આપણાથી ઘણું અંતરે હોવાથી તેમનાં ગ્રહણ અને તિરોધાન આપણી દૃષ્ટિએ પડતાં નથી; વળી તેમની કક્ષાઓ શનિની કક્ષાને બહુ નમેછે તેથી ઝાઝાં ગ્રહણ થતાં નથી.

યુરેનસ.

૧૭૩. હવે યુરેનસ વિષે કહીએ. એ ગ્રહ વિષે બહુજ થોડું જાણવામાં આવ્યુંછે. સૂર્યથી એનું અંતર ઘણુંજ વધારે એટલે ૧,૭૫,૩૦,૦૦,૦૦૦ મૈલ છે; વાર્ષિક ભ્રમણ પૂરું કરતાં એને આપણા દિવસ જેટલા ૩૦,૬૮૬ દિવસ લાગેછે, અને એને ચાર ચંદ્રો છે એવું જાણાયુંછે. પૃથ્વીના વ્યાસથી એનો વ્યાસ ચાર ગણો મોટો છે અને એનું ઘટત્વ પૃથ્વીના ઘટત્વનો શુમારે ૬ છે.

નેપ્ચ્યુન.

૧૭૪. યુરેનસ પછી નેપ્ચ્યુન આવેછે. આપણી સૂર્યમાળા-માંનો આઘેમાં આઘેનો ગ્રહ હાલ એ જણાયલોછે. એનું સૂર્યથી અંતર ૨,૭૪,૬૦,૦૦૦૦૦૦ મૈલ છે અને સૂર્યની આસપાસ ફરતાં એને ૬૦,૧૨૬ દિવસ લાગેછે. એનો વ્યાસ પૃથ્વીના વ્યાસ કરતાં ચારથી વધારે ગણો મોટો છે, અને એનું ઘટત્વ યુરેનસના ઘટત્વથી કાંઈક ઓછું છે.

૧૭૫. એનો શોધ મનોરંજક છે, કારણ કે ગ્રહનાં સ્થળ, રજકણસમૂહ અને બીજા ગુણોની ગણતરી તે ગ્રહ વાસ્તવિક દેખાયા પહેલાં દૂર રહેલા બીજા પદાર્થોપર થતી અસરવડે શી રીતે થઈ શકે તે એ પરથી જણાયછે. યુરેનસની ગતિ ખોતાની કક્ષાના એક ભાગમાં તેના ખરા વેગ કરતાં ધીમી અને બીજા ભાગમાં તેથી ઉતાવળી છે એવું ઘણા વખતથી જોવામાં આવ્યું હતું, અને એ નિરીક્ષા પરથી નેપ્ચ્યુન ગ્રહ નજરે પડ્યા પહેલાં તેનાં સ્થળ, રજકણસમૂહ, ભ્રમણકાળ, વગેરે નક્કી કર્યાં હતાં અને તે તેના વર્તી કાઢેલા સ્થળની બહુ થડમાં તે જણાયો હતો. એને એકજ ચંદ્ર હાલમાં જણાયલોછે.

§ ૬.—ધૂમકેતુઓ, ઉલ્કા, અને સ્વરતા તારા.

૧૭૬. ગ્રહો સિવાય સૂર્યમાળામાં જુદી જાતના બીજા પદાર્થો છે. ગ્રહો એ સૂર્યના ધરમાં વસનારા છે અને જે પદાર્થો વિષે આપણે હમણા વિચાર કરવાનોછે તેઓ મળવા આવનારા છે એમ કહીએ તો ચાલે.

૧૭૭. જેમણે ધૂમકેતુ જોયો હશે તેમને એ પદાર્થોના નવાઈ જેવા દેખાવ વિષે કહેવાની જરૂર નથી, અને જેમણે જોયો ન હોય તેમને એ પદાર્થો કેવા હોયછે તેનો કાંઈક આ-ભાસ પાસેનું ચિત્ર જોવાથી મળે. ધૂમકેતુઓ આકાર, કદ અને તેજમાં એટલા તો ભિન્ન,ભિન્ન હોયછે કે તેમાંના કોઈ પણ એ



ચિત્ર ૩૭ મું.—ધૂમકેતુનો સાધારણ દેખાવ.

કેવળ સરખા હોતા નથી; કોઈ વાર તેઓ નાના ગ્રંહ અથવા તારાના જેવા હોઈ તેમને સંજ્ઞાસ્પદ નામે તેજસ્વી ગિંદુ હોયછે અને પછવાડે લાખો મેલ લાંબી પૂછડી હોયછે; કોઈ વેળા તેઓ સંવ્યયસ્પદ સહિત દેખાઈ તેની ચોમેર ફરતું ધુમસ હોયછે; વસ્તુતઃ વાદળાંના આકાર ભિન્ન ભિન્ન હોયછે તેમ ધૂમકેતુઓના આકાર ભિન્ન ભિન્ન હોયછે. ઘણાક ધૂમકેતુઓ નરી આંખે દેખાતા નથી.

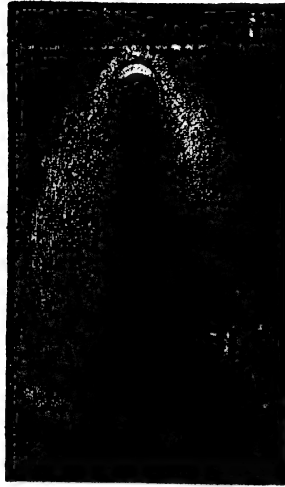
૧૭૮. ધૂમકેતુઓની વધારે મોટી સંખ્યા અલારથી સૂર્ય-માળામાં આવેછે તેઓ સૂર્ય ભણી આકર્ષાઈ તેની પાસે થઈને જાયછે અને પાછા સૂર્યમાળાથી દૂર ચાલ્યા જાયછે; અને કેટલાક ધૂમકેતુઓ સૂર્યમાળામાંજ વસનારા છે અને ગ્રહોની પેઠે સૂર્યની આસપાસ ફરેછે. તેમની કક્ષાઓ લગભગ વર્તુલાકાર ન હોતાં અતિ કેંદ્રાપસારી હોયછે, તેથી તેઓ કોઈ વેળા સૂર્યની યડમાં જઈ ઘણે છોટે ચાલ્યા જાયછે. એવા કેટલાક ધૂમકેતુઓની કક્ષાઓ જાણવામાં આવીછે અને શોધી કઠાડનારાનાં નામપરથી એ ધૂમકેતુઓનાં નામ પડ્યાંછે; ઉદાહરણ, એન્કીનો ધૂમકેતુ દર પાંચ વર્ષે સૂર્યની આસપાસ એકવાર ફરી રહેછે, અને હાલીના ધૂમકેતુને સૂર્યની પ્રદક્ષિણા ફરતાં લગભગ ૭૪ વરસ લાગેછે.

૧૭૯. ગ્રહોની કક્ષાઓ લગભગ એકજ સપાટીમાં એટલે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીમાં છે તેમ ધૂમકેતુઓની કક્ષાઓ નથી. તેઓ અતિ ભિન્ન ભિન્ન ખૂણા કરેછે અને કેટલાકની કક્ષાઓ ખડુ મોટા ખૂણા કરેછે. ઘણાક ધૂમકેતુઓ ગ્રહોની દિશાથી ઉત્તરી દિશામાં સૂર્યની આસપાસ ફરેછે તેથી તેમની ગતિ ઉલટી કહેવાયછે.

૧૮૦. તેમનું વજન અતિ અલ્પ છે, પરંતુ તેમનો વિસ્તાર અથવા કદ ખડુ મોટું છે—ડોનાટિના ધૂમકેતુનું ચિત્ર આગળ આપ્યુંછે તેની પૂછડી લાખો મૈત્ર લાંબી છે; જે જાંખા તારા પાતળા વાદળામાં અથવા થોડા ધૂમાડામાં ઢંકાર્લ જાય તે તારા એ પૂછડીમાંથી દેખાતા હતા. ધૂમકેતુ સૂર્યની સમીપ આવેછે તેમ તેમ આવરણ અથવા પુત્રારા બંધાયછે.

૧૮૧. આ ચમત્કારી પદાર્થોનું વધારે વર્ણન કર્યા પહેલાં મારે તમને યાદ દેવડાવવું જોઈએ કે આકાશ ભણી નિહાળતાં તારાના જેવું સનેજ પિંદુ આકાશમાં એક સ્થળેથી બીજે સ્થળે ભ્રમણ કરી જતું અને તેની પાછળ એક બે સેકન્ડ લગી ચળકતો લીસોટો રહેલો તમારા જોવામાં આવ્યો હશે. વાદળાં વગરની પ્રત્યેક નિર્ભળ રાતે જરાક લક્ષ દેઈને નિહાળવાથી એવા કેટલાક તારા ઘણું કરીને દૃષ્ટિએ પડે. એ તારાને ચરતા તારા કહેછે અને તેઓ ખરેખરા પૃથ્વીપર પડેછે તેવારે તેમને ઝલ્કા, સ્ફોલ્કા, અથવા અગ્ન્યુત્પાત કહેછે. તેમના દૃશ્ય આકાર અને તેજ ખડુ ભિન્ન ભિન્ન હોયછે; નાના તારા પુષ્કળ ખરી પડેછે; મોટા તારા ક્વચિત્ ખરી પડેછે અને કોઈવાર બૃહસ્પતિ અથવા ચંદ્રના જેવડા મોટા અને લગભગ તેટલા તેજસ્વી દેખાયછે અને તેઓ કેટલીક સેકન્ડ સૂઘી આકાશમાં આડ્યા જઈ તેમના માર્ગમાં પ્રકાશિત લીસોટો રહેછે.

૧૮૨. હવે એમાંના કેટલાક પદાર્થ પૃથ્વીપર પડેછે તેથી રસાયન શાસ્ત્રીએ પૃથ્વી જે પદાર્થોની અનેલીછે તે પદાર્થો શોધી કહાડ્યાછે તેમ એ તારાઓની પરીક્ષા કરી તેઓ જેના અનેલા હોય તેની ખોળ કરી શકે. કેટલાક તારામાં વિશેષ કરીને ધાતુમય પદાર્થ



ચિત્ર ૩૮ મું.--ખરતા તારાનું માથું અને આવરણ. અને કેટલાકમાં વિશેષ કરીને પથ્થર હોયછે. તેઓ પૃથ્વીના વાતાવરણમાં આવેછે તેવારે તપીને એટલા તો ગરમ થાયછે કે તેઓ બળેછે અને નાના તારા પૃથ્વીપર પહોંચ્યા પહેલાં બળી જાયછે, તથા મોટા તારાનું પૃથ્વ ઓગળી જઈ તેમનું કદ ઘણું નાનું થાયછે તોપણ તેઓ પૂરેપૂરા બળી જતા નથી. એવા નાશ પામતાં બચેલા ઘણાક તારા વિલાયતના સંગ્રહ-સ્થાનમાં છે તેમાંના કેટલાકનું વજન લગભગ સાડીઆઠ ખાંડી થાયછે.

૧૮૩. નિરંતર નિરીક્ષા કરવાથી એવું જાણવામાં આવ્યું છે કે જુદી જુદી રાત્રિએ ઘણાક ખરતા તારા આકાશના અમુક ભાગમાંથી આવતા દેખાયછે અને વરસની અમુક રાત્રિએ બીજી રાત્રિઓ કરતાં ઘણા વધારે તારા પડેછે. ઉદાહરણ, તા. ૧૩ મી નવેંબર અને તા. ૧૦ મી આગસ્ટે એવા તારાનું પતન પ્રમ્યાત છે. નવેંબર મહિનામાં જે તારાની વૃદ્ધિ થાયછે

તે સિંહ રાશિ તરફથી આવેછે તેથી તેમને સૈંહ (લીઓ-
નેડીસ) કહેછે અને આગસ્ટ મહીનામાં યયાતિ નક્ષત્ર તરફથી
આવેછે તેથી તેમને યાયાત્ય (પર્સિડ્સ) કહેછે.

૧૮૪. હમણા આપણે જાણીએ છીએ કે આ ખરતા તારા
ગ્રહોની પેઠે સૂર્યની આસપાસ ફરેછે, અને તેઓમાં ચમત્કારી
વાત એ છે કે તેમની કક્ષાઓનાં આકાર, કદ, અને સ્થળની
તપાસ કરીએ છીએ ત્યારે તેઓ કેટલાક ધૂમકેતુઓનાં જેવાંજ
માલૂમ પડેછે; તેથી કેટલાક ઉલ્કા અને ધૂમકેતુઓની કક્ષા
અથવા માર્ગ એકજ હોવાથી ધૂમકેતુઓ ઉલ્કાઓનો સમુદાય છે
એવી સૂચના કરવામાં આવીછે. ધૂમકેતુઓ અને ઉલ્કાઓના
સંબંધ વિષેની આ સૂચના સાંપ્રત કાળમાં અગોળવિદ્યાની
મોટામાં મોટી શોધોમાંની એક છે; અને સને ૧૮૭૪ માં જે સુ-
દર ધૂમકેતુ દેખાયો હતો તેની નિરીક્ષા પરથી એવું જાણાયુંછે કે
ધૂમકેતુમાં જે પ્રકાશ અને ઉજ્જ્વલતા છે તે અવકાશમાં ઉલ્કાઓના
પરસ્પર અથડાવાથી ઉત્પન્ન થાયછે. એ ઉલ્કાઓ પૃથ્વીના
વાતાવરણમાં આવેછે તેવારે ખરતા તારાના જેવા દેખાયછે,
કારણ કે આપણને ખબર છે કે ધૂમકેતુઓ ઘણા ગરમ નથી,
તેઓ કાંઈક અંશે નક્કર પદાર્થના બનેલાછે અને તેઓમાંથી
જે વરાળ નીકળેછે તે ઉલ્કાઓમાં એક જાતનો પદાર્થ રહેલો
જાણવામાં છે તેની છે.

૧૮૫. ધૂમકેતુઓ એકાએક અને ચમત્કારી દેખાયછે તે
પરથી પ્રાચીન કાળના લોકોને તેમને દેખીને ઘણું ભય લાગતું
અને તમામ પ્રકારનાં સંકટોનું મૂળ તેઓ છે એમ તેઓ મા-
નતા. ઉદાહરણ, શુમારે સને ૯૭૫ માં મિસર દેશમાં ટ્રૅફન ના-
મે રાજા રાજ્ય કરતો હતો તેણે તે સમયે ધૂમકેતુ દેખાયો
હતો તેનું નામ પોતાના નામ પરથી પાડયું હતું. તે વેળા મિ-
સર અને ઈથિઓપિઆના લોકોને માથે અત્યંત આપત્તિ
આવી પડી તે ધૂમકેતુ જેવાથી આવી એવું તેઓ માનતા હતા.
એ ધૂમકેતુ અગ્નિના ગોળા જેવો દેખાઈ તેના પેચના જેવા

આમળાં વળેલા હતા અને ભયંકર દીસતો હતો. તેનો આ-કાર તારાના જેવો નહોતો, પરંતુ પ્રદીપ્ત અગ્નિની જ્વાળાની ગાંઠ બાંધી હોય તેના જેવો તે દેખાતો હતો. પાછલા યુગના લોકોને જે ભય લાગતું તે વિદ્યાને લીધે નાશ પામી તેને કામે આપણે જે અઘ્નાંડમાં વશીએ છીએ તેના ચમત્કારોને વિષે કેવી રીતે સાનંદાશ્ચર્ય ઉત્પન્ન થાયછે તે આપરથી જણાયછે.

૪.—સૂર્ય—પાસેમાં પાસેનો તારો.

§ ૧.—સૂર્યમાઝામાં સૂર્યની સત્તા.

૧૮૬. મેં પાછળ વર્ણન કર્યુંછે તેમાં પૃથ્વી કેવી છે (તે શેની અનેલીછે તે કહેવાનો મારો હેતુ નથી; તે તો તમે રસાયન-શાસ્ત્રની પ્રવેશપોથીમાં શીખશો; અથવા તે કોના જેવી છે—તેના પૃથ્વર જમીન અને સાગર કેવી રીતે છે અથવા તેની આસપાસ કેવી રીતે વાતાવરણ વીરવાયલુંછે તે કહેવાનો પણ મારો હેતુ નથી; તે તમે ભૂતળવિદ્યા પ્રવેશપોથીમાં શીખશો તે સમજાવવાનો મેં પ્રયત્ન કર્યોછે અને આપણે શીખ્યા કે પૃથ્વી શીતળ પદાર્થ હોઈ સૂર્યની આસપાસ ફરેછે, અને તે શીતળ હોવાથી તેનામાં પોતાનો પ્રકાશ નથી, પરંતુ સૂર્યમાંથી તેને પ્રકાશ મળેછે.

૧૮૭. વળી મેં બતાવ્યું કે પૃથ્વી એ સૂર્યની આસપાસ ફરનારા તેના જેવા કેટલાક પદાર્થો છે તેમાંનો એક પદાર્થ છે. એ પદાર્થોને ગ્રહો કહેછે. એ ગ્રહો પૃથ્વીના જેવા ઠંડા છે અને તેથી તેમનામાં પણ પોતાનો પ્રકાશ નથી.

૧૮૮. આપણે એ પણ શીખ્યા કે પૃથ્વીના વર્ષની અને બીજા ગ્રહોનાં વર્ષોની લંબાઈ સૂર્યની આસપાસ ફરતાં પ્રત્યેક ગ્રહને જે કાળ લાગેછે તેપર આધાર રાખેછે; અને પ્રત્યેક ગ્રહ જેટલા વેગથી પોતાની ધરીપર ફરેછે અને તેથી તેના પૃથ્વો દરેક ભાગ સૂર્યપ્રકાશમાં આવેછે તે પેગ પ્રમાણે પૃથ્વીના દિવસ અને બીજા ગ્રહોના દિવસો લાંબા ટૂંકા હોયછે.

૧૮૯. પૃથ્વીની અને પ્રત્યેક ગ્રહની ધરી ક્રાંતિવૃત્તને નમેછે તેને લીધે ઋતુઓ કેવી રીતે નક્કી થાયછે તે પણ આપણા જાણવામાં આવ્યું. વરસના દરકોઈ સમયે ગ્રહના દરેક ભાગ-પર જે વેળા સૂર્યનો પ્રકાશ પડેછે તેની અને જે વેળા પ્રકાશ પડતો નથી તેની વચ્ચેના અંતરને લીધે મુખ્યત્વે ઋતુઓનો ફેરફાર થાયછે.

૧૯૦. આ પરથી સૂર્યને દરેક પદાર્થ જોડે સંબંધ છે એવું સિદ્ધ થાયછે. તો જે સૂર્ય મધ્યભાગે હોઈ સર્વે ગ્રહો તેની આસ-પાસ ફરેછે અને જે સૂર્ય તેમને એટલો બધો ઉપયોગી છે કે તેમની ખુદ હયાતીનો આધાર જાણે તેનાં કિરણ ઉપર છે તે સૂર્ય કેવો છે ?

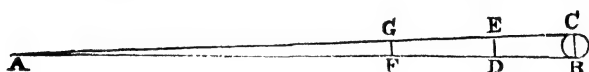
§ ૨.—સૂર્યની ઉષ્ણતા, પ્રકાશ, કદ, અને અંતર.

૧૯૧. પ્રથમ તમારે લક્ષમાં રાખવું કે સૂર્ય અતિ પ્રચંડ અગ્નિનો ગોળો છે; સૂર્યની ઉષ્ણતા એટલી બધી છે કે તેની તમારા મનમાં કલ્પના આણવાને પ્રયત્ન કરવો નિરર્થક છે; મેં પાછળ કહ્યુંછે તે તમને સાંભરતું હશે કે પૃથ્વીની પેઠે બીજા ગ્રહો શી-તણ એટલે જેમના પૃથ્વ ઉપર ભિન્ન ભિન્ન વસ્તુઓ નક્કર સ્થિ-તિમાં રહી શકે એવા પદાર્થો છે; એ કારણથી આપણે “ નક્કર પૃથ્વી ” કહીએ છીએ. પરંતુ સૂર્યના પૃથ્વ ઉપર કોઈ પણ વસ્તુ નક્કર નથી, તે પર તો દરેક વસ્તુ ઘોળા ઉપણુ વાયુ રૂપે છે.

૧૯૨. બીજું એ કહેવાનુંછે કે આ પ્રચંડ ઉષ્ણતાને લીધે સૂર્ય સ્વયં પ્રકાશ છે. ગ્રહો અને (આપણા ચંદ્ર સુદ્ધાં) તેમના ચંદ્રો પોતાના તેજ વડે પ્રકાશતા નથી એવું મેં પાછળ કહ્યુંછે તે તમને યાદ હશે.

૧૯૩. અને છેલ્લું એ કહેવાનુંછે કે સૂર્યનું કદ એટલું તો મોટું છે કે બધા ગ્રહોને ભેગા કરીએ તો તેનાથી તે પાંચસે ગણો મો-ટો થાય. તમે લગભગ પંદર લાખ પૃથ્વીને એકઠી કરી તેનો એક ગોળો બનાવો તો તે કદાચ સૂર્યના જેવડો થાય.

૧૯૪. મેં તમને પાછળ કહ્યું છે કે પૃથ્વીથી સૂર્યનું અંતર ૯,૧૦,૦૦૦૦૦૦ મૈલ છે. એ અંતરનું ગણિતની રીતે માપ કલાડી બતાવવાને તો પુષ્કળ ગણિત કરવું પડે; પરંતુ આપણે એવું કહીએ કે તેનું અંતર અને દેખાઈતું કદ જાણતા હોઈએ તો તેનો વ્યાસ આ રીતે કલાડી શકાય. સૂર્યની બંને બાજુ-માંથી આંખ લગી A B અને A C કલ્પિત લીટીઓ, ચિત્ર ૩૯ મું, દોરો એટલે C B લીટી સૂર્યનો વ્યાસ થશે.



ચિત્ર ૩૯ મું.—સૂર્યનું કદ શી રીતે નક્કી થાય છે. એ બે લીટીઓ વચ્ચેનો ખૂણો એવો છે કે એક લીટીથી બીજી લીટી સૂધી દોરેલી સઘળી લીટીઓ, જેમકે D E અથવા F G, A થી તેમના અંતરના જેટલું ભાગ જેટલી લાંબી છે; તેજ પ્રમાણે B C લીટી પણ A B અંતરનો જેટલું ભાગ છે; આપણે જાણીએ છીએ કે A B અંતર ૯,૧૦,૦૦૦૦૦૦ મૈલ છે તેને ૧૦૭ વતી ભાગતાં ૮,૫૦,૪૬૭ આવે છે. એ ભાગાકાર B થી C સૂધીનું અંતર અથવા સૂર્યનો મૈલમાં વ્યાસ છે.

§ ૩.—સૂર્ય કોના જોવો છે.

૧૯૫. દૂરથીન અને કાળા કાચની મદદ વિના સૂર્યની નિરીક્ષા થઈ શકતી નથી, અને અતિશય ઉષ્ણતા અને તેજને લીધે વિશેષ સાવચેતી લીધા સિવાય તેની નિરીક્ષા કરવી ભયંકર છે.* કાચના એકાદ કડકાને દીવે ધરી કાળો કરીને તેમાંથી સૂર્ય બહારી જોશે તો તે ગોળ અને પ્રકાશમાન દેખાશે, કારણ કે તેનો પ્રત્યેક ભાગ પોતાના તેજ વડે પ્રકાશે છે; ચંદ્ર હમેશા ગોળ દેખાતો નથી, પરંતુ સૂર્ય સદા ગોળ દેખાય છે. આ સતેજ

* જુવાન વાંચનારા છોકરા અથવા છોકરીએ નાના દૂરથીન-માંથી સૂર્યની સામું જોવું નહિ, કારણ કે એમ કરવાથી તે આંખ ખોશે.

ભાગને તેજાવરણ કહેછે. દૂરખીનમાંથી એના પૃષ્ઠપર ઘણીવાર કાળા ડાઘા દૃષ્ટિએ પડેછે અને એ ડાઘા કોઈવાર એટલા મોટા હોયછે કે દૂરખીન વગર દેખાયછે.

૧૯૬. એ ડાઘાની થડમાં સૂર્યની સાધારણ સપાટી કરતાં વધારે પ્રકાશવાળા ભાગ દૃષ્ટિએ પડેછે; એ ભાગને દીપ્તિમાન પ્રદેશ (ફ્રાક્ચુલી) કહેછે. એ પ્રદેશો સોવસા વધારે તેજોમય વાયુના હબ્બરો મૈલ લાંબા પડે છે. એ ડાઘા અને દીપ્તિમાન પ્રદેશોને વખતે વખતે નિહાળીએ તો તેમનો આકાર નિરંતર બદલાતો દૃષ્ટિએ પડે.

§ ૪.—સૂર્યમાંના ડાઘા.

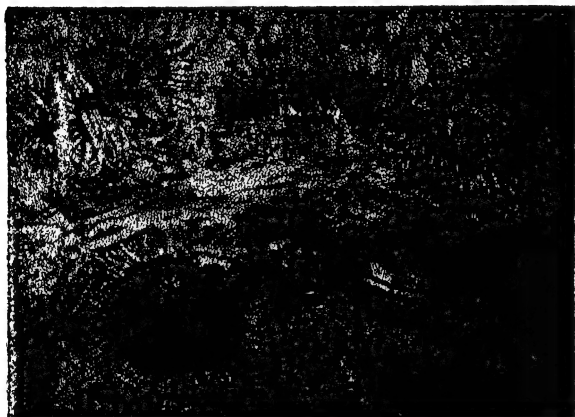
૧૯૭. સૂર્ય આપણાથી અતિશય દૂર છે, તથાપિ તેના મોટા કદને લીધે તથા જે ઉપાધિઓ ત્યાં ચાલુ છે તેમના બળને લીધે એ ડાઘા દૂરખીનમાંથી સુંદર દેખાય છે. એક ડાઘાનું ચિત્ર (ચિત્ર ૪૦ સુ) આપ્યુંછે તે એટલો તો મોટો છે કે કેટલીક પૃથ્વીઓ તેમાં ફેંકાઈ હશે.

૧૯૮. એ ડાઘા અને તેમનાં સ્થળને લક્ષ પૂર્વક નિહાળીએ, અને ફરીને એક બે દિવસ કેટલે તેમની નિરીક્ષા કરીએ તો એ ડાઘા પશ્ચિમ ભણી ખસેલા દેખાય અને તેઓ સૂર્યના ખિંબના ડાબા પડખાથી પશ્ચિમ ભણી હળવે હળવે જતા દૃષ્ટિએ પડશે. એ દિશામાં તેઓ ધીમે ધીમે અદૃશ્ય થશે.

૧૯૯. હવે એ સર્વ ડાઘાની ગતિ તેની તેજ દિશામાં સમાન હોવાથી સ્પષ્ટ છે કે સૂર્યનું પૃષ્ઠ ફરેછે અને ડાઘાને સાથે લેતું જાયછે અને એકાદ સુ-અંકિત ડાઘાને સૂર્યના ખિંબપર થઈને પશ્ચિમ ભણી જતો નિહાળીએ તો તે આશરે 'બાર દિવસ કેટલે પાછો ડાબી બાજુએ આવી શુભારે પચીસ દિવસમાં પ્રથમ જે સ્થળે તે દેખાયો હતો તે સ્થળમાં આવતો દેખાય. એટલા સમયમાં તે સૂર્યના સકળ ખિંબપર અને સૂર્યના પાછલા ભાગની આસપાસ થઈને ગયો હોયછે.

૨૦૦. એ કારણથી સૂર્યનું પૃથ પચીસ દિવસમાં ગોળ ફર્યું છે, અથવા વસ્તુતઃ સમય સૂર્ય આ વેગે પોતાની ધરીપર ફરે છે અને ડાઘા તથા દીપ્તિમાન પ્રદેશને પોતાની સાથે લેતો જાય છે.

૨૦૧. હવે ડાઘો શી વસ્તુ છે તેની તપાસ કરીએ. સૂર્યના બિંબના મધ્ય ભાગની નજીક કાંઈક નિયમિત ડાઘો દેખાય છે



ચિત્ર ૪૦ મું. — સૂર્યમાંનો ડાઘો.

તો તે ગોળ દીસે છે; થોડાક દિવસ - કેટલે કોરની થડમાં તેને પાછો નિહાળીશું તો તેનો પહેલાંના જેવો આકાર દેખાશે નહિ; છેક કાળો મધ્યભાગ ડાબી મેર ગયેલો અને તેની આસપાસની અર્ધ છાયા લોપ થયેલી દેખાશે. એ પરથી આપણને શું જ્ઞાન મળી શકે તેનો વિચાર કરીએ. સાધારણ ચીની રિકાબી લેઈ તેના જે ભાગપર પ્યાલો મૂકીએ છીએ તેને કાળો રંગો, અને પછી તેની ભણી સીધી નજરે જુઓ-૪૧ મા ચિત્રમાં A આગળ દેખાય છે તેવી રીતે કાળો ભાગ ઢળતી આજુઓથી સરખો વીંટલાયલો દેખાશે; હવે એ રિકાબીને ફેરવીને કોરની દિશામાં રાખશો તો ડાબા હાથની કોર છેક અદૃશ્ય થયેલી જણાશે,

પરંતુ જમણી બાજુ આંખ આગળ લગભગ ચપટી હોઈ તે C ના જેવી દેખાશે.

૨૦૨. હવે મોટા ગોળા ઉપર એ રિકાખીના જેવો ખાડો કરીએ તો રિકાખી અને ડાઘાના જેવાજ તેના ફેરફાર દૃષ્ટિએ પડે; તેપરથી આપણે એવો નિર્ણય કરીએ કે સૂર્યમાં જે ડાઘા



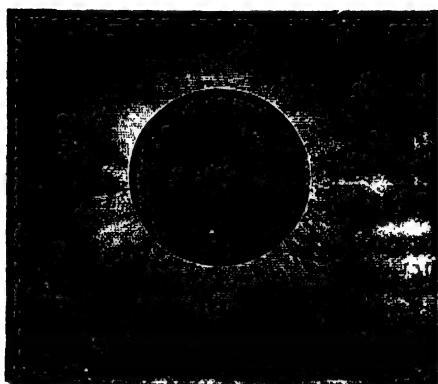
ચિત્ર ૪૧ મું.—સૂર્યમાંના ડાઘાના દેખાવોની સમજૂતી.

દેખાયછે તે સૂર્યના તેજસ્વી ભાગમાં ખાડા છે; પરંતુ ખીજા પ્રમાણુ પરથી જણાયછે કે એ ખાડા ખાલી નથી, પણ વાયુઓથી ભરેલા હોઈ તે વાયુઓ નીચેના સૂર્યપ્રકાશને ઉપલી મેર આવવા દેતા નથી.

§ ૫.—સૂર્યનું વાતાવરણ.

૨૦૩. જે ગોળા સૂર્ય આપણી દૃષ્ટિએ પડેછે તેટલોજ તે છે એમ ન જાણવું, પરંતુ તે તેનો વધારે ઘટ્ટ ભાગ છે; દૃષ્ટિગોચર સૂર્યની પેલી મેર લાખો મૈત્ર સૂધી ઓછા ઘટ્ટ અને પ્રકાશિત વાયુઓ પ્રસરેલાછે; પરંતુ આપણે તારાઓને જોઈ શકતા નથી તેમ એ વાયુઓને જોઈ શકતા નથી; તથાપિ સૂર્યચક્રાણની વેળા સૂર્યનું બિંબ ચંદ્રના બિંબ વડે ઢંકાઈ જઈ તેનો પ્રકાશ પડતો નથી તેવારે આપણે તારાઓને જોઈ શકીએ છીએ તેમ એ વાયુઓને જોઈ શકીએ છીએ (કલમ ૧૧૪). એ સમયે પ્રકાશિત વાયુઓના સુંદર રંગ દેખાયછે તેઓમાં રાતો રંગ ઘણો સાધારણ હોયછે. પરંતુ એ વાયુઓ સૂર્યની જેમ સમીપ જાયછે તેમ વધારે પ્રકાશિત દેખાયછે અને તેને વીંટલાઈને રહેછે. આ વેષ્ટનને રંગ-

તાવરણ કહેછે અને એની નિરીક્ષા વિશેષ રીતિએ થઈ શકે. પછી એવું જોવામાં આવેછે કે વાસ્તવિક સૂર્યના હલકા વાયુઓ તેના બહારના વાતાવરણમાં મળેછે. એને કિરીટાકાર વાતાવરણ



ચિત્ર ૪૨ મું. — સૂર્યનું કિરીટાકાર વાતાવરણ.
કહેછે. તેના આકાર ચમત્કારી હોયછે તેપરથી તેને કિરીટ (મૂ-
ગટ) નું નામ આપ્યુંછે અને એ કિરીટનું સ્વરૂપ ઉતાવળે
અદ્ભૂતાયછે.

§ ૬.—સૂર્ય શેનો બનેલોછે.

૨૦૪. જેમ ઝુમ્મરના લોલક પર પ્રકાશ પડવાથી તેમાં મધ્યનુષ્યના તમામ રંગ દેખાય છે તેમ પ્રકાશવેધક નામે જે ચંત્ર વડે અંગભૂત રંગોમાં પ્રકાશના વિભાગ થાયછે તે ચંત્ર વડે સૂર્યના પ્રકાશનું પૃથક્કરણ કરવાથી સિદ્ધ થયું છે કે આપણી ધાતુઓમાંની ઘણીક ધાતુ સૂર્યમાં છે. એ ધાતુઓ પોતાના મૂળ રૂપે નથી, પરંતુ વાયુ રૂપે છે; ત્યાં એટલી બધી ઉષ્ણતા છે કે જેમ પૃથ્વી પર પાણીની વરણ થાયછે તેમ સૂર્ય પર ધાતુની વરાળ થાયછે. પૃથ્વીપર જે મૂળતત્ત્વો આપણા જાણવા-

માં છે તેઓમાં સર્વેથી પહેલો હૈડ્રોજન વાયુ, પછી માગ્નીશિયમ, કાલ્શિયમ, સોડિયમ, લોહું, માંગનીઝ, નિકલ, બેરિયમ, સ્ટ્રોન્ટિયમ અને બીજી અસંખ્ય ધાતુઓની વરાળ સૂર્યપર છે. એ ઉપરાંત પૃથ્વીપર આજપર્યંત જાણાયા નથી એવા બીજા બે વાયુ સોવસા ત્યાં છે.

૨૦૫. સૂર્ય ઘણે અંશે વાયુઓનો બનેલો છે તેથી તેનું ઘટત્વ પૃથ્વીના ઘટત્વથી ઘણું ઓછું છે એવું જાણી તમને અચંપો લાગશે નહિ ; ખરેખર સૂર્યનું ઘટત્વ પૃથ્વીના ઘટત્વના ચતુર્થાંશથી ઓછું છે.

૬ ૭.—સૂર્ય પાસેમાં પાસેનો તારો છે.

૨૦૬. સૂર્ય ગ્રહોથી બહુ ભિન્ન છે તેટલાજ કારણથી મેં તેના અંગની રચનાનું વિસ્તારથી વર્ણન કર્યું છે એમ નથી, પરંતુ આપણે હમણા જાણીએ છીએ કે સૂર્ય એક તારો છે; બીજા તારાઓ કરતાં તે વધારે મોટો અને તેજસ્વી છે તેનું કારણ તે તેમનાથી ભિન્ન છે તે નથી, પરંતુ તે આપણી બહુ સમીપ છે.

૨૦૭. તો હવે સૂર્યમાળામાં મુખ્યત્વે એક ઉજ્જ્વળ પદાર્થની આસપાસ કેટલાક ઠંડા પદાર્થો ફરે છે એવી તેની વ્યાખ્યા કરીશકાય. જેમ પૃથ્વીને પ્રહોનો નમૂનો લેઈ શકાય તેમ અગાધ અંતરિક્ષમાં જે ચક્રચક્રતા તારાઓ છે તેમનો નમૂનો સૂર્યને લેઈ શકાય; અને સૂર્યની આસપાસ જેમ ગ્રહમાળા છે તેમ દરેક તારાની આસપાસ તેની ગ્રહમાળા છે એવી કલ્પના કરીએ તો તે ખોટું નહિ કહેવાય.

૬.—તારા.

૬ ૧.—તારા એ દૂર રહેલા સૂર્યો છે.

૨૦૮. પાસેમાં પાસેનો તારો જે સૂર્ય તેમાંથી આપણને પ્રકાશ અને ઉજ્જ્વળતા મળે છે તેને છોડીને હવે આપણે વધારે દૂર રહેલા તારાઓ વિષે વિચાર કરીએ. અતિ પ્રકાશમાન સૂર્યના જેવા મહાન પદાર્થને છોડીને આકાશમાં પથરાયેલાં પ્રકાશનાં જે

નાનાં ટપકાંની ઉજ્જ્વલતા આપણને લાગતી નથી તેમને વિષે બોલું છું તેથી તમને આશ્ચર્ય લાગશે નહિ, કારણ કે એ નાના ચક્રચક્રતા પદાર્થો સૂર્યો હોઈ તેમાંથી આપણા સૂર્યની પેઠે ઉજ્જ્વલતા અને પ્રકાશ આવેછે; ફેર એટલેજ છે કે તેઓ આપણાથી એટલે બધે અંતરે છે—છેક પાસેના તારામાંના કેટલાકનું અંતર સૂર્યના અંતર કરતાં પાંચ લાખથી વધારે ગણું છે,—કે તેમનું કદ બહુજ નાનું દેખાય છે; તથાપિ એમાંના ઘણાક તારા આપણા સૂર્યથી સેંકડો ગણા મોટા છે એવું માનવાને કારણ છે.

§ ૨.—તારાનું તેજ.

૨૦૯. આપણે રાત્રિયે તારાભણી નજર કરીએ છીએ તે વારે પ્રથમ તો તેમનું તેજ ઓછું વતું દૃષ્ટિએ પડેછે. તો શું કેટલાક તારા બીજા કરતાં નાના છે અથવા અતિ તેજસ્વી તારા આપણી છેક પાસે છે? આ પ્રશ્નનો બરાબર ઉત્તર દેવો કહણ છે, કારણ કે કેટલાક પ્રકાશમાન તારા આપણી છેક પાસે છે અને કેટલાક નાના તારા તેટલાજ થડમાં છે, તેથી આકાર અને અંતર બંનેનો વિચાર કરવો જોઈએ.

૨૧૦. તારાના તેજ પ્રમાણે તેમના વર્ગ પાડ્યા છે. વધારેમાં વધારે ચળકતો તારો પહેલા વર્ગનો કહેવાય છે; તેનાથી ઉતરતો બીજા વર્ગનો કહેવાય છે; એમ પાંદર અને સોળ લગી વર્ગ પાડ્યાછે. એ વર્ગના તારા ઘણીજ શક્તિવાળા દૂર-બીજામાંથી જોઈ શકાય છે. અંધારી રાતે છેક જાંબો તારો દેખાયછે તે લગભગ છઠ્ઠા વર્ગનો છે. ઉપર જે મેં કહ્યું તે પરથી તમારે એમ ન ધારવું કે વર્ગ પરથી તારાનું વાસ્તવિક કદ જણાયછે, કારણ કે મોટા તારો ઘણો દૂર હોય અને તેથી પ્રકાશ પ્રમાણે તેને આપણી થડમાંના નાના તારાના વર્ગમાં મૂકાય.

૨૧૧. પહેલાથી છઠ્ઠા વર્ગ સૂધીના શુમારે ૩,૦૦૦ તારા નરી

આંખે દેખાય છે, અને મોટા દૂરખીનમાંથી બે કરોડથી વધારે તારા દૃષ્ટિએ પડેછે.

૨૧૨. વળી વાદળાં વગરની અંધારી રાત્રે જાંખા તેજની પટ્ટી ક્ષિતિજની એક બાજુએથી આપણા માથાપર થઈ બીજી બાજુએ પ્રસરેલી તમારા જોવામાં આવી હશે. આ પટ્ટીને આકાશગંગા કહેછે. આ પટ્ટીમાં નાના નાના અસંખ્ય તારા હોઈ તેઓ એક એકની એટલા તો થડમાં દેખાય છે કે તેમનો તેજોમય સમુદાય બનેછે ; અને દૂરખીનમાંથી દેખાતા બે કરોડ તારામાંના એક કરોડ એંશી લાખ તારા ઘણું કરીને આકાશ-ગંગામાં છે. એ તારા એકએકની થડમાં દેખાયછે તેટલા તેઓ વસ્તુતઃ થડમાં નથી, પરંતુ દૃષ્ટિની લગભગ એકજ લીટીમાં આવે તથા આપણા સૂર્યથી છેક પાસેના તારાસૂધી જોટલું અંતર છે તેટલેજ અંતરે એક એકથી રહે એવી રીતે તેઓ બહુધા એકની પાછળ એક રહેલા છે તે પ્રમાણે માત્ર રહેલા ધારીએ તો આ દેખાવ પરથી આપણું અભ્યાસ કેવડું મોટું છે તેનો કાંઈક વિચાર આપણા મનમાં આવશે.

૨૧૩. સઘળાં જાડ સરખે અંતરે હોય એવી જાડી ધારી તમે તે જાડીની એક બાજુની થડમાં જોભા રહીને જોશો તો તે જાડ બીજી બાજુએ એક એકની છેક થડમાં દેખાશે. આકાશ-ગંગામાં તારા એજ પ્રમાણે રહેલા છે; દૃષ્ટિની લીટીમાં વધારેમાં વધારે તારા હોયછે.

૨૧૪. તારાના રંગ ભિન્ન ભિન્ન હોયછે, કેટલાક ધોળા, કેટલાક નારંગીઆ, કેટલાક રાતા, કેટલાક લીલા, અને કેટલાક આસમાની હોયછે. ઉદાહરણ, લુપ્તક તારો ધોળો છે, સ્વાતિ નક્ષત્ર પીળું છે, આર્દ્રા નક્ષત્ર રાતું છે, પરંતુ એ રંગ નરી આંખ કરતાં દૂરખીનમાંથી વધારે સ્પષ્ટ દેખાય છે.

§. ૨.—નક્ષત્રો.

૨૧૫. જ્યારથી આપણને ઐતિહાસિક જ્ઞાન મળ્યુંછે ત્યા-

૨થીજ તારાઓના નક્ષત્રોમાં સમુદાય પાડી પ્રત્યેક સમુદાયને તેમાંના તારાઓને જોશીઓએ જે પ્રાણી અથવા પદાર્થના જેવા ધાર્યા હતા તેનું કલ્પિત નામ આપ્યું છે. સૂર્ય પ્રતિ વર્ષે રાશિ-નક્ષત્રોમાં ચર્ચને જાય છે તેઓ પૃથ્વીના ઉત્તર અને દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં દેખાય છે. એ રાશિ નક્ષત્રો મેષ, વૃષભ, મિથુન, કર્ક, સિંહ, કન્યા, તુલા, વૃશ્ચિક, ધન, મકર, કુંભ અને મીન છે. એ રાશિઓનો ક્રમ નીચલી ગીતિ પરથી તમને ખરાબર યાદ રહેશે:—

ગીતિ.

ઉત્તરની રાશીઓ, મેષ વૃષભ ને મિથુન હું જાણું,
કર્ક સિંહ વળિ કન્યા, સર્વેમાં ગતિ કરે સદા ભ્રમૂ. ૧
તુલા, વૃશ્ચિક, ધન, મકર કુંભ, મીન એ અનુક્રમે જાણિયે,
દક્ષિણની રાશીઓ, દ્વાદશ સર્વે મળી નક્ષી ગણિયે. ૨

એ સિવાય હિંદુ જોશીઓ આર રાશિની થડમાંજ વિષુવ-વૃત્તની દક્ષિણે અને ઉત્તરે ૨૭ કે ૨૮ પૃથક્ તારાસમુદાય છે તેમને નક્ષત્ર કહેછે. ઉત્તર ગોળાર્ધમાંની રાશિઓની સમીપ ૧૩ નક્ષત્રો છે તેમનાં નામ હેઠળ આપ્યાં છે, અને તેઓ કેવાં દેખાય છે તે પણ જતાવ્યું છે:—

હિંદુ નામ.

કોનાજેવો આકાર.

૧. અશ્વિની.
૨. મરળી
૩. કૃત્તિકા.
૪. રોહિણી.
૫. મૃગ.
૬. આર્દ્રા.
૭. પુનર્વસુ.
૮. પુષ્ય.

- ઘોઢાનું મ્હો.
- યોનિ.
- અસ્તરો.
- ગાઢું.
- હરણનું મ્હો.
- માળેક.
- ઘર.
- શાળ.

હિંદુ નામ.

કોનાજેવો આકાર.

૯. અશ્વેષા.

ચક્ર.

૧૦. મઘા.

શાઝાગૃહ.

૧૧. પૂર્વા.

સાટલો.

૧૨. ઉત્તરા.

પથારી.

૧૩. હસ્ત.

હાથ.

વિષુવવૃત્તની દક્ષિણનાં નક્ષત્રોનાં નામ.—

૧૪. ચિત્રા.

માંતી.

૧૫. સ્વાતિ.

પરવાલું.

૧૬. વિશાખા.

તોરણ.

૧૭. અનુરાધા.

પૂજાનું નૈવેદ્ય.

૧૮. જ્યેષ્ઠા.

કુંડલ.

૧૯. મૂળ.

સિંહની પૂછડી.

૨૦. પૂર્વાષાઢા.

શય્યા.

૨૧. ઉત્તરાષાઢા.

હાથી.

૨૨. અભિજિત.

ત્રિકોણ.

૨૩. શ્રવણ.

તિરપાઈ.

૨૪. ધનિષ્ઠા.

મૃદંગ.

૨૫. શતતારકા.

વર્તુલ.

૨૬. પૂર્વાભાદ્રપદા.

જોડવું.

૨૭. ઉત્તરાભાદ્રપદા.

નાની શય્યા.

૨૮. રેવતી.

નગારું.

૨૧૬. ઉત્તર ગોળાર્ધમાં રાશિનક્ષત્રોની ઉપલીમેર જે નક્ષત્રો દેખાયછે તેમને ઉત્તર નક્ષત્રો કહેછે; તેઓ નીચે પ્રમાણે છે:—

हिंदु नाम. इंग्रेजी नाम. कोनाजेवो आकार.

*सप्तऋषि के चित्रशिखंडी, उर्सामेजर. मोटुं रीछ (हळ).

के बृहदक्ष.

लघुऋक्ष.

कालीय.

वृषपर्वा.

भूतप.

उत्तरमुकुट.

शौरि.

* स्वरमंडळ.

हंस.

* शर्मिष्ठा.

ययाति.

सारथि.

भुजंगधारी.

उर्सामैनर.

डेको.

सीफीयस.

बूटीस.

कोरोना बोरीआलिस. उत्तरनो मूगट.

हक्युलीस.

लाइरा.

सिग्रस.

कास्सिओपीआ.

पर्सियस.

ओरिगा.

सर्पेन्टेरियस.

नानुं रीछ.

नाग.

राजा.

भरवाड.

पहेलवान.

सारंगी.

हंस.

खुरशी.

पुरुष.

रावत.

साप धारण कर-

[नार.

सर्प.

शर.

* गरुडअनेशारंग-

पाणि.

अश्वमुख.

उच्चैःश्रवा.

देवयानी.

सर्पेन्स.

सजिदा.

आकिल्ला अने गरुड अने

डेल्फिनस.

एक्युलीयस.

पेगासस.

एन्ड्रोमीडा.

ट्रायांग्युलम (त्रिकोण).

कामलोपाईलस. जिराफ.

केनीस वेनाटिसि. शिकारी कूतरा.

बलपीक्युलाएडभान्सर. शियाळ.

कोर कारोले (चार्ल-

सनं हृदय).

૨૧૭. દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં રાશિ નક્ષત્રોની ઉપલીભેર જે નક્ષત્રો દેખાય છે તેમને દક્ષિણ નક્ષત્રો કહેછે. તેઓ નીચે પ્રમાણે છે:—

હિંદુ નામ. ઇંગ્રેજી નામ. કોનાજેવો આકાર.

તિમિઙ્ગિલ.	સીટસ.	મગર.
	ઓરિયન.	
યમુનાનદી.	એરિઝેનસ.	નદી.
શશકી.	લીપસ.	સસલું.
* બૃહસ્પત્યક.	કેનિસ મેજર.	મોટો કૂતરો.
* લઘુલુધ્ધક.	કેનિસ મૈનર.	નાનો કૂતરો.
બૌકા	આર્ગોનેવિસ.	વહાણ.
વૌસુકી.	હૈડ્રા.	મોટો નાગ.
ચષક.	ક્રેટર.	પ્યાલો.
ધ્વાંક્ષ.	કોર્પેસ	કાગડો.
		[અડધો ઘોડો.
નગતુંગ.	સેન્ટારસ.	અડધો માનસ અને .
વૃક.	લૂપસ.	વરુ.
	આરા.	
દક્ષિણમુકુટ.	કોરોના ઓસ્ટ્રાલિસ. દક્ષિણનો મુગટ.	
દક્ષિણમન્ડ્ય.	પિસ્સિસ ઓસ્ટ્રાલિસ.	દક્ષિણનું માછલું.
શૃંગાશ્વ.	મોનોસારોસ.	ગેંડો.
પારાવત.	કોલંબા નોઆકિ.	કબૂતર.
સ્વસ્તિક.	ક્રક્સ ઓસ્ટ્રાલિસ.	સાથિયો.

૨૧૮. બિન્ન બિન્ન નક્ષત્રો અને તારાનાં સ્થળ જાણવાને તમારી કને તારાનો નકશો જોઈશે અને વળી કેટલાંક મુખ્ય નક્ષત્રોનાં સ્થળ બતાવવાને ટ્રાઈ બિન્નનો ખપ પડશે. ઉપલી યાદીમાં કેટલાંક મુખ્ય નક્ષત્રોપર મેં પૂલ મૂક્યાંછે.

૨૧૯. પ્રત્યેક નક્ષત્રમાંના તારાને અમુક અક્ષરથી ઓળખવામાં આવેછે. અતિ તેજસ્વી તારાને A તારો કહેછે ; તે-

નાથી ઉતરતા તેજવાળા તારાને B તારો કહેછે, અને એમ મૂળાક્ષરના બધા અક્ષર પૂરા થાયછે એટલે તેપર ૧, ૨, ૩, ઈત્યાદિ સંખ્યા માંડેછે; એ પરથી સ્વરમંડળ નક્ષત્રમાંના અતિતેજસ્વી તારાને A સ્વર મંડળ તારો કહી શકાય, અથવા હંસ નક્ષત્રમાંના બીજા અતિ તેજસ્વી તારાને B હંસ, ૬૧ હંસ, ઈત્યાદિ કહી શકાય. એમ પ્રત્યેક તારાનું નામ પાડી શકાય. આ નામો ઉપરાંત મુખ્ય તારાઓનાં બીજાં નામ હોય-છે; ઉદાહરણ, બૃહલ્લુપ્ધક સમુદાયમાંના A તારાને લુપ્ધક, જ્યોતષ્ઠ (જ્યોતિષ) સમુદાયમાંના A તારાને સ્વાતિ, નૌકા સમુદાયમાંના મુખ્ય તારાને અગસ્ત્ય, ઈત્યાદિ પણ કહેછે.

§ ૪.—તારાઓની દેખાઈતી ગતિઓ.

૨૨૦. પૃથ્વીના વર્ણનમાં આપણે કહ્યું કે પૃથ્વી ગતિમાન નિરીક્ષા સ્થળ માત્ર છે અને તેથી જે પદાર્થ પર આપણે વશીએ છીએ તેની વાસ્તવિક ગતિથી બહારના પદાર્થોની વાસ્તવિક ગતિને ઓળખવી જોઈએ. હવે એ બાબત વિષે ફરી વિચાર કરીએ; આપણે દરિયામાંના નાવ જોડે પૃથ્વીનો મુકાબલો કરીએ; તમે નાવમાં બેઠાછો એમ ધારો; તમારું નાવ એકાએક ફરે અને તે ચાલેછે એવી તમને ખબર ન હોય તો તમારા મ્હો આગળનાં વહાણુ ઉલટી દિશામાં જતાં દેખાશે, પરંતુ નજર આગળનાં સઘળાં વહાણુનાં સ્થળ એક એકનાં સંબંધમાં સરખાં રહે એવી રીતે સમાન વેગે ફરે એ ધણું અસંભવિત લાગશે, માટે તે વહાણુ ચાલતાં નથી, પણ તમારું નાવ ચાલેછે એવું તમારા લક્ષમાં ઝટ આવશે. એજ પ્રમાણે પૃથ્વી ફરેછે, તારા ફરતા નથી, તેથી તારાઓની દૈનિક ગતિ માત્ર દેખાઈતી છે.

૨૨૧. હવે એ નાવને વહાણુની આસપાસ હલેસાં મારીને હંકારીએ. એ વહાણુ અને આધેનાં વહાણોનાં સાપેક્ષ સ્થળ બદલાયછે, અને તે વહાણુ તમારા નાવની અને બીજાં વહા-

છોની વચ્ચે વારાફરતી આવી તમારા નાવની આસપાસ ફરતું દેખાય છે. તમારું નાવ સ્થિર હોઈ આધેનાં વહાણ તેની આસપાસ ફરે તોએ એજ પ્રમાણે દેખાય, પરંતુ તમારુંજ નાવ ગતિમાં છે એવું તમને તુરત સમજાશે. એજ પ્રમાણે પૃથ્વી વરસમાં એકવાર સૂર્યની આસપાસ ફરેછે, તેથી સૂર્ય એક પછી એક તારાઓ પર થઈને જતો દેખાયછે. જે તારા ઝોનાળામાં સૂર્યની જોડે એક લીટીમાં હોયછે તે શિયાળામાં તેની સામે હોયછે.

૨૨૨. ખગોળવિદ્યાની શરૂઆતમાં તારાની આ એ ગતિઓ માત્ર જાણવામાં હતી અને તારાઓ વસ્તુતઃ સ્થિર છે કે નહિ તે નક્કી કરવાને થોડાં વર્ષ ક્રેડે તારાઓ જોડે મુકાબલો કરવા સાથે તારાના નક્શા બનાવ્યા હતા અને એ રીતે મુકાબલો કરી જોયા તે પરથી તેમનાં સ્થળ બદલાયલાં જણાયાં નહિ, તેથી તારાઓ સ્થિર છે, એવો પ્રાચીન કાળના લોકો નિર્ણય કર્યો. એપરથી “ સ્થિર તારો ” એવું નામ પડ્યુંછે, પરંતુ નક્શામાં ખામી હોવાથી એ નિર્ણય ભૂલ ભરેલો હતો એવું આપણા જોવામાં આવશે.

૨૨૩. કેટલેક વરસે તારાઓનાં સ્થળ નક્કી કરવાની વધારે સારી રીત ખોળી કહાડવામાં આવી તેવારે તુરત સિદ્ધ થયું કે તારાઓનાં સ્થળ સદા તેનાં તેજ રહેતાં નથી, અને એમ થવાનું કારણ એ છે કે જેમ ફરતા ભ્રમરડાની ગાંત અંધ પડી ભોંયપર પડ્યા પહેલાં તે ઝોલા ખાયછે તેમ પૃથ્વીના ધ્રુવ જે દિશામાં વળેલા હોયછે તે દિશા બદલાઈ જુદી દિશાબણી વળેછે; અને એ પ્રમાણે પૃથ્વીની ધરીના સ્થળપર તેમનાં સ્થળનો આધાર હોવાથી તેઓ નિરંતર બદલાતા દૃષ્ટિએ પડેછે. એ કારણથી તારાનાં સ્થળમાં ખીજે દેહાદિતો ફેરફાર સિદ્ધ થાયછે અને આ દેખાઈતી ગતિને લીધે વિષુવવચન થાયછે.

૨૨૪. હવે ખગોળવેત્તાઓને આ અને ખીજી ગતિઓની

ખબર છે તેથી તારાનાં સ્થળમાં નિરંતર ફેરફાર થયેલો જોવાની તેઓ વધી રાખે છે, અને તેની તેઓ અગાઉથી ગણતરી કરી શકે છે, પરંતુ તારાઓનાં સ્થળ, જણાયલી તમામ દૃશ્ય ગતિઓ લક્ષમાં લીધા છતાં ગણિતથી શોધી કઢાડેલાં સ્થળ જોડે કેટલાંક વર્ષ વીસા કેડે મળતાં ન આવે તો લક્ષમાં આવેલી નહિ એવી પૃથ્વીની અથવા તારાની કોઈ ગતિ હોવી જોઈએ. પરંતુ એ વિષે વધારે વિચાર ન કરતાં આપણે ફરીને નાવ અને વહાણુ લેઈએ.

૨૨૫. તમે જે નાવમાં બેઠાંછો તે નાવને અને વહાણુને ગમે તે દિશામાં હંકારો. તમારી બંને આંત્રનાં વહાણોમાં શો ફેરફાર દૃષ્ટિએ પડશે? તેઓ ઉલટી દિશામાં જતાં દેખાશે; તમે જે વહાણોની નજીક જતોછો તેઓ એક એકથી દૂર જતાં દેખાશે અને તમારી પાછળ રહેલાં વહાણુ એક એકની થડમાં આવતાં જણાશે, પરંતુ તમારું નાવ ચાલેછે તેમ બધાં વહાણુ ચાલતાં હશે, કેટલાંક એક દિશામાં અને કેટલાંક બીજી દિશામાં જતાં હશે, તેથી તેઓ આપણી કલ્પના પ્રમાણે નિયમસર ચાલતાં નહિ હોય; પરંતુ આપણી નજરે અનેક વહાણુ દેખાતાં હોય તો તેઓ કાંઈક અંશે આપણી કલ્પના પ્રમાણે ચાલતાં દેખાય. તેમની વાસ્તવિક ગતિ કોઈવાર તેમની દૃશ્ય ગતિને સમતોલ રાખે છે, અને કોઈવાર તેમની બંને ગતિઓ એક એકમાં ઉમેરાશે, તેથી તમે તમારી ગતિનો વિચાર કરી શકશો.

૨૨૬. તારાઓની સ્થિતિ એજ પ્રમાણે છે; એવું જણાયું છે કે વહાણોની પેઠે જે દિશામાં ધણુક તારા એક એકથી દૂર જતા દેખાય છે તે દિશામાં કેટલાક તારા પાસે પાસે આવતા બાસેછે અને જે દિશામાં ઘણુક તારા પાસે પાસે આવતા બાસેછે તે દિશામાં કેટલાક તારા દૂર જતા દેખાય છે, તથાપિ એક દિશામાં મળી જવાનું અને સામેની દિશામાં દૂર જવાનું તારાઓનું વળણુ હોયછે; પરંતુ ઘણુક તારાઓની ગતિની

નિરીક્ષા કર્યાથી એવું સિદ્ધ થયું છે કે સૂર્ય અને તેની જોડે સર્વે ગ્રહો શારિ નક્ષત્રમાંના એક બિંદુ બણી એક સરખા જાયછે.

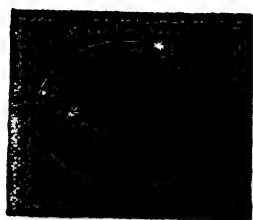
§ ૧.—તારાઓની વાસ્તવિક ગતિઓ.

૨૨૭. તમારા નાવની ગતિની કલ્પના પરથી બીજાં વ-
હાણો ગતિમાં છે કે નહિ તે તમે જાણુતા નથી તેવાં વ-
હાણોમાં કોઈ વહાણુને તમે ફરતું દેખો તો તે વહાણુને
પોતાની વાસ્તવિક ગતિ છે એવી તમે સહજ કલ્પના કરશો.
એજ પ્રમાણે એક તારો બીજા તારાઓમાં ફરતો નજરે પડેછે
ત્યારે તેને પોતાની વાસ્તવિક ગતિ છે એવું આપણે બેધડક
કહી શકીએ છીએ; અને સેંકડો વર્ષ લગી સંભાળથી નિરીક્ષા
કર્યાથી સિદ્ધ થયું છે કે ઘણાક તારાઓને પોતાની વાસ્તવિક
ગતિ છે. ઉદાહરણ, પૃથ્વી જેટલા વેગથી સૂર્યની આસપાસ
પોતાની કક્ષામાં ફરેછે તેનાથી લગભગ ત્રણ ગણે વેગે સ્વાતિ
નક્ષત્ર એક સેંકડમાં છાપન મેલ ફરેછે. યાંત્રિક કારણો પરથી
સંભવિત છે કે સઘળા તારાને ગતિ છે.

§ ૬.—માંહો માંહે ફરનારા તારા.

૨૨૮. તારાઓને વાસ્તવિક ગતિ છે એટલુંજ નહિ, પણ
કેટલાક તારા એક બીજાનાં આસપાસ ફરેછે. ૪૩ મા ચિત્રમાં
અતાવ્યા પ્રમાણે બે અથવા વધારે તારા એક એકની આસપાસ
ફરેછે તે પ્રમાણે તેમને કેપ્લર, તેવડા, ચોવડા તારા કહેછે.

૨૨૯. એ તારાઓની અંગરચનાનો પરસ્પર સંબંધ છે
અને તેઓ એટલા તો થડમાં છે કે જેમ પૃથ્વી સૂર્યની આસ-
પાસ ફરેછે તેમ એક તારો બીજા તારાની આસપાસ ફરેછે.
પરંતુ એક ફેરો એક વરસમાં પૂરો ન થતાં બેવડા તારાનો ભ્રમણ-
કાળ ટૂંકામાં ટૂંકો છત્રીસ વર્ષ છે એવું જાણવામાં આવ્યું છે.
અઘાપિ લગી એવા તારાના સમુદાય ૮૦૦ શોધી કાઢ્યા છે.



ચિત્ર ૪૩ મું.—એવડા તારાની કક્ષા.

૨૩૦. એ તારા આપણાથી એટલે બધે અંતરે છે કે તેમની આસપાસ ગ્રહો ફરતા હોત તો વિશેષ શક્તિવાળા દૂરબીન-માંથી પણ તેઓ દેખાત નહિ. પરંતુ એવું સંભવેછે કે પ્રત્યેક તારો ગ્રહમંડળનું મધ્ય બિંદુ છે; માટે જે એવડા તારા એક એકની ધણાજ થડમાં છે તેઓમાંના પ્રત્યેક તારાના ગ્રહોપર બીજા તારામાંથી ધણાજ પ્રકાશ પડે એટલા તેઓ તેની થડમાં હોવા નોંધએ; વસ્તુતઃ એ ગ્રહોને એ સૂર્ય હશે અને કેટલાકને ભિન્ન ભિન્ન રંગનો પ્રકાશ આપનારા સૂર્યો હશે.

§ ૭.—તારાનાં झूमखां અને મેઘના જેવા તારા-
સમુદાય.

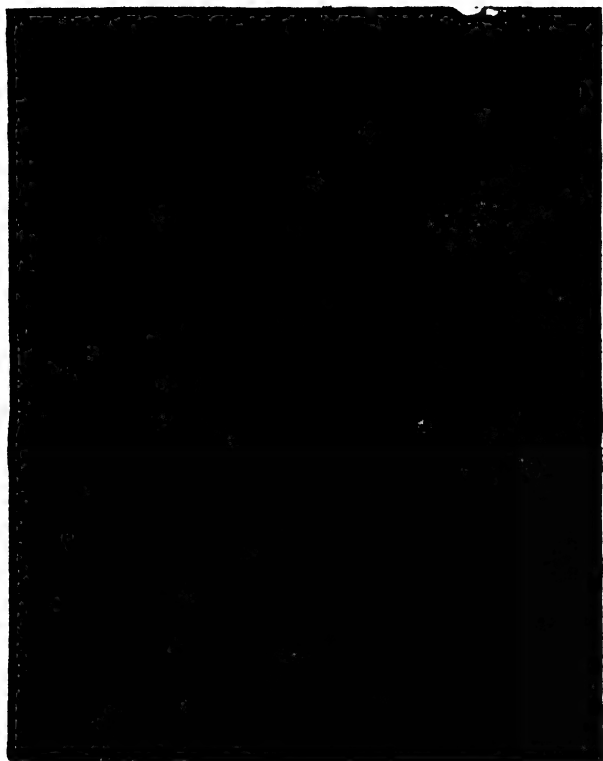
૨૩૧. જે છૂટા છૂટા તારાઓ વિશે આપણે પાછળ કહી ગયા તે ઉપરાંત આકાશમાં આકાશગંગાના નાના ખંડના જેવી ઘોળી પટ્ટીઓ છે તેમાંની કેટલીક નરી આંખે દેખાય છે. દૂરબીનમાંથી જોતાં એમાંની કેટલીક પટ્ટીઓ નાના તારાઓનાં એક એકની ધણાજ થડમાં આવેલાં ઝુમખાં હોય એવી દેખાયછે; કેટલીક પટ્ટીઓમાંના છૂટા તારા ઓછી શક્તિવાળા દૂરબીનમાંથી દેખાયછે અને કેટલાક વધારેમાં વધારે શક્તિવાળા દૂરબીનમાંથી માત્ર દૃષ્ટિએ પડેછે. જે પટ્ટીઓમાંના તારા સહજ નજરે પડેછે તેમને તારાનાં झूमखां કહેછે અને

ધણીજ શક્તિવાળા દૂરખીનમાંથી જોતાં જે તારાઓની રચના વાહળાંના જેવી દેખાયછે તેમને મેઘમય તારાસમુદાય (નેબ્યુલા) કહેછે.



ચિત્ર ૪૪ મું.—શૌરિ નક્ષત્રમાંના તારાનાં જૂમખાં.

૨૩૨. એ કારણથી આ પદાર્થોના ત્રણ વર્ગ પાડીએ ; (૧) તારાનાં જૂમખાં ; એમાં છૂટા તારા હળવે હળવે (૨) મેઘમય પૃથક્કરણીય તારા સમુદાય અને (૩) મેઘમય અપૃથક્કરણીય તારાસમુદાયમાં કોપ થઈ જતા સહજ દૃષ્ટિએ પડેછે. પ્રકાશવેધક-ચંત્ર વડે સિદ્ધ થયું છે કે કેટલાક મેઘના જેવા અપૃથક્કરણીય તારાસમુદાય તારાઓથી અથવા તારાઓના જથ્થાથી જુદા પ્રકારના છે અને તેથી આ બ્રહ્મતમાં તેઓ તારાનાં જૂમખાંથી ભિન્ન છે.



ચિત્ર ૪૫ મું.—ઑરિયન નક્ષત્રમાંનો મેઘના
જેવો તારાસમુદાય.

૨૩૩. એટલુંજ બસ નથી; તારાઓ છૂટા પાડી શકાય એવા
વાદળોના જેવા સમુદાય અને જેમાં વાસ્તવિક તારા હોઈ
શકેજ નહિ એવા વાદળોના જેવા સમુદાય જોવામાં આવેછે
એટલુંજ નહિ, પણ કેટલાક તારાને બારીકીથી નિહાળતાં તેમની
આસપાસ એક પ્રકારનું ધુમસ વીંટલાયલું દેખાય છે. એ તારા
વાસ્તવિક તારા નથી. એવા પદાર્થોને ભ્રમ્ય તારાઓ કહેછે.

૨૩૪. જુદી રીતે વિચાર કરતાં તારાનાં જૂમખાં અને મેઘમય તારાસમુદાયના બીજા એ વર્ગ કરી શકાય; ૪૪ મા અને ૪૫ મા ચિત્રમાં દર્શાવેલા તારાનાં જૂમખાં અને મેઘમય તારાસમુદાયની પેઠે જેઓના આકાર બહુ અનિયમિત છે તે અને વળી જેમના આકાર વર્તુલને વધારે મળતા આવેછે તે.

§ ૮.—તારા અને મેઘમય તારાસમુદાયનું સ્વરૂપ.

૨૩૫. મેં પાછળ કહ્યું છે કે તારાઓ દૂર રહેલા સૂર્યો છે, પરંતુ એપરથી તેઓ સર્વે સૂર્યના જેવાજ છે એમ તમારે ધારવું નહિ. ખરૂં જોતાં તેઓ સૂર્યના જેવા નથી તેનો આપણીકને પુરાવો છે. કેટલાક અતિ પ્રકાશમાન તારાઓનું વાતાવરણ સૂર્યના વાતાવરણથી વધારે અભિન્ન છે, એટલે ૨૦૪ થી કલમમાં જે મૂળતત્વો કહ્યાંછે તે બધાં તેમાં નથી; અને જે તારા વધારે ઝાંખા છે, તેમાં વિશેષે કરીને જે તારાઓનો પ્રકાશ રતાશપડતો છે તે તારાઓ જાણે સૂર્યના કરતાં વધારે ઠંડા હોય (હું ‘જાણે’ બોલું છું તે લક્ષમાં રાખજો) તેમ તેમનાં વાતાવરણનું લક્ષણ સૂર્યના વાતાવરણથી ભિન્ન દેખાય છે.

૨૩૬. મેઘમય તારાસમુદાયમાં અને તારાઓમાં ધણો ફેર દેખાય છે, તથાપિ તેઓની વચ્ચે ધણો નિકટનો સંબંધ છે એવું સંભવેછે, કારણ કે મેઘમય તારાસમુદાય જે પદાર્થોના બન્યાછે તે પદાર્થો એકઠા મળવાથી તારાઓ બન્યાછે અને એ ક્રિયા ચાલતી વેળા ગ્રહો બન્યાછે એવી કદવના કરવામાં આવીછે. મેઘમય તારાસમુદાય સતેજ વાયુનો જયો છે કે પથરાનો જયો હોઈ પરસ્પર અદ્રણાય છે અને તેથી પ્રકાશિત દેખાય છે તેની આપણને ખબર નથી, પરંતુ પાછલી ધારણા વધારે સંભવિત છે.

૨૩૭. જે ધારણાને લીધે તારા અને ગ્રહો જોડે મેઘમય તારાસમુદાયનો સંબંધ જણાયછે તે ધારણા એવી છે કે મેઘમય તારાસમુદાય પ્રથમ સ્થિતિમાં નિરંતર નાનો અને ગોળ થતો જાયછે અને એ વેળા તે, વધારે ઉજ્જ્વલ થઈ મેઘમય તારો દે-

ખાય એટલો નાનો અને ગોળ થયા કેડે પણ તે સંક્રાન્તિ નર્ધ તેના વિષુવવૃત્તની આસપાસ શનિની મેખળા (કલમ ૭૦) ના જેવી વાયુની મેખળાઓ પાછળ રહેછે. એ મેખળાઓ છેવટે તૂટીને વાયુનો ગોળ જાયો અનેછે તેનો આખરે અહ અનેછે. એ સઘળો કાળ તેનો મધ્યભાગ વધારે ઘટ અને ઉજ્જુ થતો જાયછે અને સંક્રાન્તિનું પ્રમાણ ઓછું ઓછું થઈ વાસ્તવિક સૂર્યના જેવો તે પ્રકાશેછે અને તેણે જે અહો પ્રથમ ઉત્પન્ન કર્યા અને જે હમણા શીતળ અને વસવા જેવા થયા છે તે અહોને ઉજ્જુતા અને પ્રકાશ આપેછે. એમ તેનો પ્રકાશ પહેલે તો અળકતા તારાના જેવો હોયછે અને પછી ઝાંખો અને કદાચિત્ લાલ થઈ છેક હોલવાઈ જાયછે; તેની એવી સ્થિતિ થવી જ જોઈએ, કારણ કે હરકોઈ રજકણુસમૂહ ચૂસામાંનો કોયલો હોય અથવા આકાશમાંનો તારો હોય, તથાપિ કાળે કરીને તેનાં પ્રકાશ અને ઉજ્જુતા જતાં રહેવાં જોઈએ એ તમારે ભૂલવું નહિ.

૬.—આકાશી પદાર્થોનાં સ્થલ્લશી રીતે નક્કી થાયછે તથા તેમનો શો ઉપયોગ થાયછે તે વિષે.

§ ૧.—ઉપસંહાર.—તારાના નકશા.

૨૩૮. હું હવે મારા વિષયના જુદા ભાગનું વર્ણન કરુંછું. પૃથ્વી, ચંદ્ર, અને અહો, અને ત્યાર કેડે તારાઓની વાસ્તવિક ગતિઓનું, તથા પૃથ્વીની વાસ્તવિક ગતિને લીધે દેખાઈતી ગતિઓ ઉત્પન્ન થાયછે તેમનું વર્ણન આપણે પાછળ વાંચી ગયા. આપણે તારાસમૂહો, સૂર્યો અને અહોનાં સ્વરૂપ વર્ણવ્યાં અને એ રીતે બ્રહ્માંડમાં પૃથ્વીના વાસ્તવિક સ્થળનો આપણા મનમાં કાંઈક આભાસ થયો—પૃથ્વી શીતળ હોઈ શીતળ પડતા તારાની એટલે સૂર્યની આસપાસ કેવી રીતે ફરેછે, અને એ અહ તથા તારો એટલે પૃથ્વી અને સૂર્ય એકાદ તારાસમૂહના ઘટ અને તે માટે ઉજ્જુ ધવાથી સોવસા ઉત્પન્ન થયા છે તે આપણે જાણ્યું.

૨૩૯. તારામય આકાશનો પણ તમારા મનમાં આભાસ થયો; કહેવાતા સ્થિર તારાઓ ના તેમના તેજ પ્રમાણે નક્ષત્રોમાં કેવી રીતે વર્ગ પાડ્યા છે અને તેમના પર અક્ષર અથવા આંકડા માંડ્યા છે; અને દિવસે સૂર્ય તથા રાતે ચંદ્ર અને ગ્રહો પરિપૂર્ણ ક્રમ અને નિયમ પ્રમાણે તારાઓમાં કેવી રીતે પોતાનાં સ્થળ નિરંતર બદલે છે તેનો આભાસ થયો.

૨૪૦. તારાઓ માત્ર પદાર્થો હોઈ તેમનાં સ્થળ નક્ષત્રોમાં માંડવાનાં છે એવું ધારી તારામય ધ્રુવ પ્રત્યે હવે તમારું લક્ષ લગાડવાનું છે; અને તારાઓનાં સ્થળ નક્કી કરી તેમનો શો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે તે મારે પ્રથમ તમને બતાવવું છે.

૨૪૧. તમે હોશિયાર હશો તો તારાઓનાં સ્થળોનો રૂપરેખા નક્કી કરી શકશો, પરંતુ જ્યોતિઃશાસ્ત્રના કાર્યને અર્થે એવા નક્ષત્રોમાં તારાઓનાં સ્થળ જોડી ચોક્કસાઈથી જાણી શકાય તેનાથી વધારે ચોક્કસાઈથી જાણવાં જોઈએ, અને એવા નક્ષત્રો અતિ શુદ્ધ હોય તોએ અમુક તારો અમુક જાણીતા તારાની દક્ષિણે અથવા નીચલીએ છે અને બીજા તારાની ડાબી બાજુએ કે પશ્ચિમે છે એવું કહેવાથી બહુ કડાકૂટ પડશે; એ કારણથી તેમનાં સ્થળ નક્કી કરવાની બીજી રીત જોશો- એ એ શોધી કહાડી છે.

§ ૨.—ધ્રુવાંતર.

૨૪૨. પૃથ્વીના મધ્યબિંદુમાંના તેજને લીધે પૃથ્વીના ધ્રુવ અને વિષુવવૃત્તની ઊંચા જે કલ્પિત પોલા ગોળા (એને આકાશી ગોળ કહે છે) માં તારા અચળ દેખાય છે તે ગોળા પર પડે તેવી રીતે પૃથ્વીના ધ્રુવ અને વિષુવવૃત્ત તારાઓ લગી પહોંચે છે એવી આપણે કલ્પના કરીએ છીએ. એમ પૃથ્વીના વિષુવવૃત્તની ઊંચા આકાશી વિષુવવૃત્ત બને છે, અને ધ્રુવની ઊંચાથી એ વિષુવવૃત્તની ઉત્તર અથવા દક્ષિણે અંશમાં અંતર કહાડીએ છીએ. આ અંતરને ધ્રુવાંતર કહે છે.

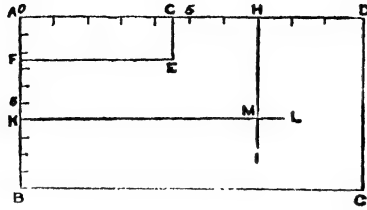
૨૪૩. એમ અમુક તારો અથવા આકાશનો અમુક ભાગ

બરાબર ધ્રુવ આગળ છે એવું આપણે કહી શકીએ છીએ, કારણ કે તેને ગતિ નથી. નારંગી લેઈ તેના દરેક ધ્રુવમાં અકેકા ટાંકણી ઘોંચો ; નારંગીને ગોળ ફેરવશો તો એ ટાંકણીની દિશા તેની તેજ રહેશે. એમ આ ધ્રુવાંતર ૦ થશે. હવે વર્તુલ માંડેલાં દૂરબીનની મદદથી આ સ્થળ આકાશમાં ખોળી કહાડી શકીએ અને દૂરબીનને એ સ્થળથી ૧૦ ખસેડી (એમ દૂરબીનપર માંડેલા નાના ગોળ વડે તેને સહજ ખસેડી શકાય, કારણ કે મોટાં કે નાનાં તમામ વર્તુલના ૩૬૦ માં ભાગ કર્યાછે તે તમે ૧૨૬ મી કલમમાં વાંચી ગયા) જે તારાઓનું ધ્રુવથી અંતર ૧૦ હોય તેમનાં સ્થળ નક્કી કરી શકીએ ; ૫મી ૨૦, ૩૦, ઈત્યાદિ ૯૦ સૂધી અંતરે રહેલા તારાઓનાં સ્થળ કહાડી શકાય. ૯૦ એ આકાશી વિષુવવૃત્તનું એટલે જેમ પૃથ્વીનો વિષુવવૃત્ત ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવની બરાબર મધ્ય ભાગે છે તેમ આકાશમાંની જે લીટી ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવની બરાબર મધ્ય ભાગે છે તે લીટીનું સ્થળ દર્શાવેછે.

§ ૩.—સ્થલ નક્કી કરવાને ધ્રુવાંતર બસ નથી.

૨૪૪. માટે એ રીતે આપણે સર્વે તારાનું ધ્રુવાંતર નક્કી કરી શકીએ; પરંતુ તમારા જોવામાં સહજ આવશે કે અનેક તારાઓનું ધ્રુવાંતર સરખું હોય, કારણ કે એક ટાંકણી વડે દર્શાવેલા નારંગીના ધ્રુવથી બધી ટાંકણીઓ સરખે અંતરે રહે એવી રીતે ટાંકણીની હારની હાર ઘોંચી શકાય.

૨૪૫. માટે એમને હરકોઈ પ્રકારે ઓળખવાની જરૂર છે. તારાનું સ્થળ નક્કી કરવું એ પ્રશ્ન તમારે બૂલવો નહિ. હવે કાગળના કડકાપર માંડેલા બિંદુનું સ્થળ શી રીતે નક્કી કરાય તે આપણે જોઈએ. A B C D કાગળનો તાવ (ચિત્ર ૪૬ અં) લેઈ તેપર E બિંદુએ ટાંકણી ઘોંચો અથવા ટપકું કરો. હવે એનું સ્થળ શી રીતે કહી શકાય તે જોઈએ; A D બાબુના



ચિત્ર ૪૬ મું.—હર કોઈ વસ્તુનું સ્થળ શી રીતે નક્કી કરવું. દશ સમાન ભાગ કરે અને A B વ્યાખ્યાના પણ તેટલાજ ભાગ કરે; પછી E G અને E I ને જોડી દેશે તો તમારા જોવામાં આવશે કે E બિંદુ A B લીટીથી A D લીટીમાં કરેલા ૪૩ ખંડ આગળ અને A D લીટીથી A B લીટીમાં કરેલા ૨૩ ખંડ આગળ છે, તેથી કાગળની કારના સંબંધમાં E બિંદુનું સ્થળ સહજ નક્કી કરી શકાય. તેમજ A B થી ૭ મા ખંડમાં અને A D થી ૬ ફા ખંડમાં એકેકું ૮૫ કું મૂકવાનું તમને કહે તો તમે A D લીટીમાંના ૭ મા ખંડમાંથી H I લીટી અને A B લીટીમાંના ૬ ફા ખંડમાંથી K L લીટી દોરશે, એટલે જ M બિંદુમાં તેઓ એક એકને છેદે છે તે બિંદુ કહાડવાનું સ્થળ થશે.

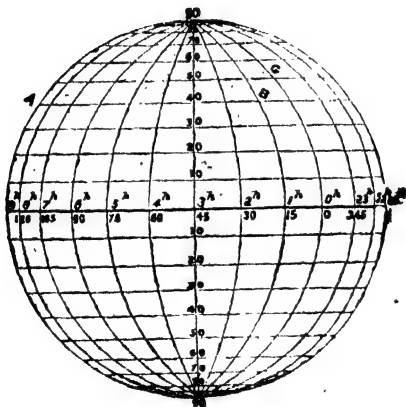
૨૪૬. તો તમારે લક્ષમાં રાખવું કે E બિંદુ AB લીટીથી ૪૩ ખંડ આગળ છે એટલું કહેવાથી તેનું સ્થળ નક્કી થતું નથી, કારણ કે AB લીટીથી તેટલે અંતરે ટાંકણીઓ અથવા બિંદુઓની હારની હાર હોય, તેમજ E બિંદુ AD લીટીથી ૨૩ ખંડ આગળ છે એમ કહેવું બસ નથી, કારણ કે ઉપર પ્રમાણેજ તેટલે અંતરે ટાંકણીઓ અથવા બિંદુઓની હારની હાર હોય.

૨૪૭. તમારે એ પણ લક્ષમાં રાખવું કે એક એકને કાઠખૂણે (એનો શો અર્થ છે તે તમે બૂલી નહિ ગયાહો એવી મને આશા છે) હોય એવાં બે માપ નીકળે છે તેવારે કાગળના કડકામાં ઘેચેલી ટાંકણી અથવા તેપર કરેલા ટપકાનું સ્થળ ઘણીજ ચોકસાઈથી કહી શકીએ છીએ.

૨૪૮. તારાનાં સ્થળ એજ પ્રમાણે નક્કી કરવામાં આવેછે. જે માપ ધ્રુવ આગળ શરૂ થાયછે અને જેવડે ધ્રુવથી તારાઓનાં અંતર અથવા વિષુવવૃત્તથી અંતર મપાયછે તે માપ વિષે મેં પાછળ કહ્યુંછે, કારણ કે ધ્રુવથી જેટલા અંશને અંતરે તારો હોય તે આપણા જાણવામાં હોય ત્યારે તે સંખ્યાની અને ૯૦ ની બાદબાકી કરવાથી વિષુવવૃત્તથી અંતર નીકળેછે, કેમકે પ્રત્યેક ધ્રુવથી વિષુવવૃત્તનું અંતર ૯૦ હોયછે. હેઠલી આકૃતિ (ચિત્ર ૪૭) માં મેં વિષુવવૃત્ત અને તેની તથા દરેક ધ્રુવની વચ્ચે દશ દશ અંશને અંતરે સીધી લીટીઓ દોરી છે.

§ ૪.—વિષુવાંશ.

૨૪૯. માટે તારાનું સ્થળ બરાબર નક્કી કરવાને એ લીટીઓને કાટખૂણે ખીછ લીટી દોરવી જોઈએ. હવે નારંગી લેઈ



ચિત્ર ૪૭ મું. તારાનાં સ્થળ શી રીતે બતાવાયછે.
૪૭ માં ચિત્રમાં A B વિષુવવૃત્ત દર્શાવવાને તેમાં સરખે અંતરે

ટાંકણીઓ ઘેંચી. પછી પહેલી હારને કાટખૂણે ટાંકણીઓની બીજી હાર C D કરો. આ બીજી હાર ટાંકણીઓનું બીજું વર્તુલ થશે ; તે નારંગીના ધ્રુવમાં થઈને જાય છે અને વિષુવ-વૃત્તને સામસામેનાં બે બિંદુમાં છેદે છે.

૨૫૦. હવે વિષુવવૃત્ત અને તે દર્શાવનારી ટાંકણીઓની હાર નારંગી પર એકજ સ્થળે એટલે ખંને ધ્રુવના મધ્ય ભાગે માત્ર હોઈ શકે, પરંતુ એ બીજું વર્તુલ મરજીમાં આવે ત્યાં કરી શકાય. વસ્તુતઃ વિષુવવૃત્ત જોડે કાટખૂણો કરે, તેને સામસામેનાં બે બિંદુમાં છેદે અને ધ્રુવમાં થઈને જાય એવાં અસંખ્ય વર્તુલો ધારી શકાય ; એ વર્તુલોને ૧° અથવા ૧૦° અથવા અં-શની હરકોઈ બીજી સંખ્યાને અંતરે ધારી શકાય ; તેમને ૧૫° ને અંતરે ધારીએ તો પૃથ્વીની આસપાસ ૨૪ કલાકમાં આકાશ ફરી રહેતું બાસે છે તેથી એમાંનું એક વર્તુલ દરકલાકે પૃથ્વીપરના સ્થળમાં થઈને જશે, કારણ કે $૧૫ \times ૨૪ = ૩૬૦$.

૨૫૧. પરંતુ આપણી મુશ્કેલી હજી દૂર થઈ નથી. એ સઘળાં વર્તુલ સરખાં છે તેથી વિષુવવૃત્ત દર્શાવવાને એક વર્તુલ લેઈ ત્યાંથી બીજાં વર્તુલ માપવાં જોઈએ. પહેલા વર્તુલને અતિ પ્રકાશમાન તારામાં થઈને લેઈ જવું પડશે એમ તમે કદાચ ધારશો. પરંતુ તમારે એવું ધારવું નહિ ; આકાશી વિષુવવૃત્તનાં બે બિંદુઓમાંનું જે બિંદુ બરાબર ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીમાં (૬૭ મી કલમ) છે તે લીધું છે. આ બિંદુને મેષનું પ્રથમ બિંદુ કહે છે.

૨૫૨. એમ ક્યાંથી અંશ માપવા તે નક્કી થયા પછી ખગોળવેત્તાએ પ્રથમ તો પૃથ્વીની આસપાસ બરાબર ૨૪ કલાકમાં તારા ફરી રહેતા દેખાય એવી રીતે પોતાના ઘડિયાળની વ્યવસ્થા કરવી; મેષના પ્રથમ બિંદુમાં થઈને જનારું આ કલ્પિત વર્તુલ યામ્યોત્તરવૃત્તમાં એટલે માથાપર થઈને કિતરથી દક્ષિણ બણી જનારા સ્થિર કલ્પિત વર્તુલમાં થઈને જાય તેવારે ઘડિયાળમાં ૦ ક. ૫ મિ. ૦ સે. જણાય એમ કરવું; અને

પ્રત્યેક તારાનો પણ તે વૃત્તમાં થઈને જવાનો સમય નોંધી રાખવો. પ્રત્યેક તારાનું ધ્રુવાંતર ગમે તેટલું હોય તોપણ આ રેખામાં થઈને તે જાય છે તેથી ધડિયાળ બરાબર ચાલતું હશે તો મેપના પ્રથમ બિંદુથી કાઢમાં તેનું અંતર જણાશે. ઉદાહરણ, આપણે કહીએ છીએ કે વૃષભ રાશિમાંના અતિ તેજસ્વી તારા (અ) ના વિષુવાંશ ૪ ક. ૨૮ મિ. છે; કન્યા રાશિમાંના અતિ પ્રકાશમાન તારાના વિષુવાંશ ૧૩ ક. ૧૮ મિ. છે; ઈત્યાદિ.

§ ૬.—સારાંશ.

૨૫૩. પાછલા પાઠ તમે બરાબર સમજ્યા હશે તો તમારા જાણવામાં આવશે કે હરકોઈ તારાનું સ્થળ બે રીતે નક્કી થાય છે:—

પહેલી રીત.—ધ્રુવથી અંશમાં તેના અંતર વડે નક્કી થાય છે. આ અંતરને ધ્રુવાંતર કહે છે; એપરથી (૨૪૯ મી કલમમાં કહ્યા પ્રમાણે) વિષુવૃત્તથી તેનું અંતર સહજ કહાડી શકાય. એને ત્રાંતિ કહે છે.

બીજી રીત.—જે મહદ્વૃત્ત મેપના પ્રથમ બિંદુમાં થઈને જાય છે તે મહદ્વૃત્તથી કાળમાં તેના અંતર વડે નક્કી થાય છે. એને તેનો વિષુવાંશ કહે છે.

૨૫૪. એમ સધળા તારાનાં સ્થળ નક્કી કર્યા છે, અને તે ઉપરાંત આપણે તારાઓમાં સૂર્ય, ચંદ્ર, અથવા હરકોઈ ગ્રહનું સ્થલ અમુક સમયે ક્યાં હશે તેની ગણતરી કરી શકીએ છીએ.

૨૫૫. અગોળવિદ્યાનાં અતિ ઉપયોગી ઢૂળોમાંનું એક ઢૂળ આ છે, કારણ કે એવડે આપણે પૃથ્વીના પૃથ્વો નકશો કહાડી શકીએ છીએ અને વળી જિજ્ઞસુ અરણ્યમાંનો મુસાફર અથવા સમુદ્રના જે ભાગમાંથી જમીન દૃષ્ટિએ પડે નહિ તે ભાગમાંનો વહાણવટી પૃથ્વીના પૃથ્વો ક્રિયા ભાગમાં છે તે બરાબર જાણી શકે છે.

§ ૬.—પૃથ્વીપરનાં સ્થળોના અક્ષાંશ.

૨૫૬. તો પૃથ્વીપરથી હરકોઈ જગ્યાનું સ્થળ શી રીતે

નક્કી થઈ શકે તેનો વિચાર કરીએ. થડમાંનું અમુક શહેર અથવા ગામ ક્યાં છે એવું તમને કોઈ પૂછે તો તમે કદાચ એવો ઉત્તર દેશો કે તે મારા ધરથી આટલા મૈલ દૂર અને ફલાણા રસ્તાપર અથવા અમુક દિશામાં છે. થોડે અંતરે રહેલાં ગામોને માટે આ જવાબ ઠીક છે, પરંતુ એ પ્રમાણે તમારા ધરથી અથવા હરકોઈ બીજા સ્થળથી સઘળાં ગામોનાં અંતર અને દિશા કહ્યાથી ચાલશે નહિ. પૃથ્વી સપાટ હોત તો ૨૪૬ મી કલમમાં બતાવેલી રીતનો ઉપયોગ કરી શકાત. પરંતુ પૃથ્વી સપાટ નથી તેથી આપણે આ પ્રમાણે કરીએ છીએ; આ બે-માંના હરકોઈ ગોળાર્દમાં વિષુવવૃત્તથી ધ્રુવ પર્યંત અંતર માપીએ છીએ, અને તમે પૃથ્વીનો ગોળો જોશો તો તેપર ધ્રુવ અને વિષુવવૃત્તની વચ્ચે સમાન અંતરે વર્તુલો કહાડેલાં નજરે પડશે. આ વર્તુલોને અક્ષાંશવૃત્તો કહેછે.

૨૫૭. યાદ રાખવું કે આકાશી પદાર્થોનાં સ્થળ પૃથ્વીના ધ્રુવના સંબંધ વડે અને તેના ભ્રમણ વડે નક્કી કર્યો છે. હવે લગીર વિચાર કરવાથી તમારા જાણવામાં આવશે કે ઉત્તર ધ્રુવાંતર ૦ હોય એવો તારો જાણવામાં હોય તો તે તારો તમે ઉત્તર ધ્રુવમાં હશે તો બરાબર તમારા માથાપર હશે, અને તે માટે તે તારો બરાબર તમારા માથાપર દેખાય તો તમે ઉત્તર ધ્રુવમાં છો એમ જાણવું. ધ્રુવાંતર ૯૦ હોય એવો તારો જાણવામાં હોય તો તે તારો તમે વિષુવવૃત્તમાં હશે તો બરાબર તમારા માથાપર હશે, અને તે કારણથી તે તારો તમારા માથાપર થઈને જાય તો તમે વિષુવવૃત્તમાં છો એમ તમારે જાણવું.

૨૫૮. એજ પ્રમાણે ક્રાંતિ (કલમ ૨૫૩) જાણવામાં હોય એવો જે તારો અથવા બીજો કોઈ આકાશી પદાર્થ માથાપર થઈને જાય છે તેની નિરીક્ષા કરવાથી વિષુવવૃત્તની ઉત્તરના અથવા દક્ષિણના હરકોઈ સ્થળનું વિષુવવૃત્તથી અંશમાં અંતર નક્કી કરી શકીએ છીએ. મકાશમાં અને પૃથ્વીના ગોળા ઉપર

વિષુવવૃત્ત અને તેની સમાંતર વૃત્તો કહાડેલાં તમારા જોવામાં આવેછે તેના હેતુ એજ છે. જે નિરીક્ષાનું ધોરણ મેં બતાવ્યું છે તે નિરીક્ષા હરકોઈ જગ્યાનાં સ્થળ માંજ પહેલાં કરેલી હોવી જોઈએ. ઉદાહરણ, વિષુવવૃત્તથી લાંડન શહેરનું અંતર નકશામાં ૫૧ $\frac{૧}{૨}$ ઉ. માંડેલું તમારા જોવામાં આવશે, કારણ કે કાલીય નક્ષત્ર Y (રૂકો) જેની ઉત્તર ક્રાંતિ ૫૧ $\frac{૧}{૨}$ છે તે બરાબર લાંડન શહેરપર થઈને જાયછે.

૨૫૯. પૃથ્વીના વિષુવવૃત્તથી જે અંતર માપેછે તેને અક્ષાંશ કહેછે અને આકાશી વિષુવવૃત્તથી જે અંતર માપેછે તેને ક્રાંતિ કહેછે (બંનેને માટે એકજ શબ્દ વપરાતો નથી એ અફસોસ-કારક છે). જેમ ઉ. અને દ. ક્રાંતિ હોયછે, તેમ ઉ. અને દ. અક્ષાંશ હોયછે.

૨૬૦. જે પ્રમાણે પૃથ્વી ગોળ છે એવું નક્કી થાયછે તેજ પ્રમાણે ધ્રુવ તારો ક્ષિતિજની ઉપર જેટલો હોયો દેખાયછે તેપરથી પણ હરકોઈ સ્થળના અક્ષાંશ નક્કી થઈ શકે. વિષુવવૃત્ત પરથી નિરીક્ષા કરનારને ઉત્તરધ્રુવનો તારો તેની ક્ષિતિજની ઉપલીમેર દેખાયછે, અને તેથી એ તારાના ઉન્નતાંશ હોયછે, પરંતુ તે નિરીક્ષા કરનાર તેની ઉત્તરે શુમારે ૬૮ $\frac{૧}{૨}$ મૈલ જાય તો તે તારો તેની ક્ષિતિજ ઉપર ૧ હશે અને તેથી તે માણસ ૧ અક્ષાંશમાં છે એમ કહેવાય છે. એ પ્રમાણે બંને ધ્રુવપર્યંત તેના અક્ષાંશ ૯૦ લગી હળવે હળવે વધતા જશે. તેમજ આપણે હરકોઈ સ્થળે અથવા સમયે ધ્રુવતારાના ઉન્નતાંશનું માપ કહાડીએ તો આપણા અક્ષાંશ તુરત નીકળે અને તે પરથી નકશામાં અથવા ગોળાપર આપણું સ્થળ નક્કી કરી શકીએ.

૨૬૧. તારાઓની નિરીક્ષા કરવાસાર આપણે સરળતાને અર્થે એવો ધ્રુવનો તારો કહ્યો છે, પરંતુ વસ્તુતઃ છેક ધ્રુવમાં તારો છેજ નહિ. જેને ધ્રુવનો તારો કહેછે તે તેનાથી શુમારે ૧ $\frac{૧}{૨}$ છે. માટે તારાનાં ધ્રુવાંતર કહાડવાને જોઈલી છૂટ મફતી પડેછે.

૨૬૨. જે કારણથી નારંગીમાં ઘોંચેલી ટાંકણીઓ નારંગીન ધ્રુવથી સરખે અંતરે હોઈ શકે અને પુષ્કળ તારાઓનું ધ્રુવાંતર સરખું હોય તેજ કારણથી સ્પષ્ટ છે કે પૃથ્વી પરનાં ધણાંક સ્થળો એકજ અક્ષાંશમાં હોય. ઉદાહરણ, પેકિન અને ન્યુયાર્ક શહેરો જે અક્ષાંશમાં છે લગભગ તેજ અક્ષાંશમાં નેપલ્સ શહેર છે.

§ ૭.—પૃથ્વીપરનાં સ્થળોના રેખાંશ.

૨૬૩. મારે પૃથ્વીના પૃથ્વપરની જગ્યાનું સ્થળ નક્કી કરવાનું ખીણ કાંઈક વસ્તુનો ખપ પડેછે. જેમ વિષુવ્વંશ આકાશનું કામ સારેછે તેમ એ કાંઈક વસ્તુ પૃથ્વીનું કામ સારશે. એ કાંઈક વસ્તુને રેખાંશ કહેછે.

૨૬૪. આ કાર્ય સિદ્ધ કરવાને ભૂગોળવેત્તાઓ જોશીઓની નકલ કરેછે; એક વૃત્ત પૃથ્વીને વીંટલાઈ તેના વિષુવવૃત્તને એ સામ સામેનાં બિંદુએ ઢાટખૂણે છેદેછે અને પૃથ્વીના ધ્રુવમાં થઈને જાયછે એવી તેઓ કલ્પના કરેછે અને એ વૃત્તથી તેઓ માપેછે.

૨૬૫. આ વૃત્ત ક્યાં છે એવો તમે સ્વાભાવિક રીતે પ્રશ્ન પૂછશો. આ પ્રારંભ બિંદુ ગમે તે ઠેકાણે લેવાથી ફેર પડતો નથી; તેથી વસ્તુતઃ દુનિયાની દરેક મુખ્ય પ્રજા જુદા જુદા વૃત્તનો ઉપયોગ કરેછે; મધ્ય વેધશાળા માંહેલાં મુખ્ય યંત્રોમાંના એક યંત્રનું મધ્યબિંદુ દર્શાવનારી તંતુવાપ રેખામાં થઈને જે વૃત્ત જાયછે તે વૃત્ત લેછે. ઉદાહરણ, ઇંગ્લાંડમાં ગ્રીનિચ ટ્રાન્સિટ યંત્રમાં થઈને જે વૃત્ત જાયછે તે વૃત્તથી ગણેછે. અમેરિકામાં વાશિંગ્ટનની વેધશાળાથી એજ રીતે ગણેછે; ફ્રાન્સમાં પારિસની વેધશાળાથી ગણેછે, ઈત્યાદિ.

૨૬૬. ખીજો પ્રશ્ન એ છે કે તેઓ શી રીતે માપેછે? જે પ્રમાણે મેપના કલ્પિત પ્રથમ બિંદુમાં થઈને જે વૃત્ત જાયછે તેની પૂર્વે કે પશ્ચિમે તારાનું સ્થળ મુકરર કરેછે તેજ પ્રમાણે પહેલા રેખાંશથી પૂર્વે કે પશ્ચિમે પૃથ્વીપરની હરકોઈ જગ્યાનું સ્થળ નક્કી કરેછે. એને કાઠ ઉપરથી કહાડેછે.

૨૬૭. આ બિના સિદ્ધ કરવાને આપણે નારંગી અને સોયો ફરીને લેઈએ. ધ્રુવ અને ગ્રીનિયમાં થઈને જનારા વૃત્તને ઠામે ટાંકણીઓ લો; પ્રત્યેક ટાંકણી ગ્રીનિયના ધડિયાળનો વખત દર્શાવનારૂં ધડિયાળ લઈને ઊભેલા નિરીક્ષા કરનારને બદલે છે એવી કલ્પના કરીએ અને એમાંની એક ટાંકણી ગ્રીનિયમાં ઊભેલા નિરીક્ષા કરનારને ઠામે છે એમ ધારીએ ; તારાને બદલે દીવો લેઈએ અને ૯ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે પૃથ્વીની ગતિ દર્શાવવાને નારંગીને પશ્ચિમથી પૂર્વમાં ફેરવીએ. ટાંકણીની હાર દીવાની અને સોયાની વચ્ચે આવશે. એ કારણથી આપણા કલ્પિત નિરીક્ષા કરનારાનાં સધળાં ધડિયાળોપરથી એકજ સમયે કલ્પિત તારાનો માર્ગ જણાશે.

૨૬૮. એ કારણથી ગ્રીનિયની બરાબર ઉત્તરે અથવા દક્ષિણે આવેલાં તમામ સ્થળો ગ્રીનિયની પેઠે કાળના એકજ પ્રારંભબિંદુમાં એટલે એકજ રેખાંશમાં હશે.

૨૬૯. હવે ગ્રીનિય દર્શાવનારી ટાંકણી કહાડી લેઈ તેને ટાંકણીઓની હારની પશ્ચિમે ધોંચો. હજુએ નારંગીને પશ્ચિમથી પૂર્વમાં ફેરવવી જોઈએ, તેથી સ્પષ્ટ છે કે ટાંકણીઓની હાર દીવાની અને સોયાની વચ્ચે થઈને ગયા કેડે આ ટાંકણી તેમની વચ્ચે આવશે ; એટલે ટાંકણીઓની હાર અને આ એકલી ટાંકણી જે કાળે દીવા પાસે થઈને જાય છે તે કાળમાં ફેર પડશે, કારણ કે સધળાં ધડિયાળ ગ્રીનિય કાળ પ્રમાણે માંડેલાં છે. ટાંકણીઓની હાર આગળ ગ્રીનિય કાળ ૧૩૦ છે એમ ધારીએ; તો સ્પષ્ટ છે કે ગ્રીનિય દર્શાવનારી ટાંકણી દીવા પાસે પાછળથી આવે છે, તેથી ગ્રીનિયના ધડિયાળમાં ૧૩૦ પછીની થોડી વેળા જણાય છે. તે ૨૩૦ છે એમ માનીએ તો એ બે સ્થળની વચ્ચે કાળમાં એક કલાકનો ફેર પડે છે, અને ટાંકણીઓ વડે દર્શાવેલાં એકજ રેખાંશમાં આવેલાં તમામ સ્થળો ગ્રીનિયની પૂર્વે દેખાશે.

૨૭૦. હવે સૂર્યને બદલે દીવો લઈએ. સૂર્ય વડે હરકોઈ સ્થળનો સ્થાનિક કાળ જણાય છે, કારણ કે હરકોઈ સ્થળે મધ્યાહ્ને સૂર્ય દક્ષિણે હોય છે અથવા યામ્યોત્તર વૃત્ત ઓળંગે છે તે વારે

બાર કલાક (એ વખત આપણા કાર્યને અર્થે જોઇએ એટલો પાસે છે) વાગેલા હોયછે. માટે આ સ્થાનિક કાળ અને ગ્રીનિય કાળ મારા જાણવામાં હોય તો પ્રથમ હું ગ્રીનિયની પૂર્વમાં છું કે પશ્ચિમમાં છું અને પછી પૂર્વમાં કે પશ્ચિમમાં કેટલે અંતરે છું તે કહી શકું. હું જે સ્થળે હોઉં તે સ્થળમાં સવારના દશ વાગેલા હોય તે વારે ગ્રીનિયમાં (બપોરના) ૧૨ કલાક વાગ્યા હોય તો હું ગ્રીનિયની પશ્ચિમે હોઉં, અને સૂર્ય મારા માથાપર આવે તે પહેલાં પૃથ્વી બે કલાક ફરવી જોઇએ; ગ્રીનિયમાં (બપોરના) ૧૨ વાગ્યા હોય તે વારે મારા સ્થળમાં બપોરના બે વાગ્યા હોય તો હું ગ્રીનિયની પૂર્વમાં હોઉં, કારણ કે સૂર્યને મારા માથાપર થઈને ગયાને બે કલાક થયાછે. કાળમાં બાર કલાકનો અંતર=૧૮૦; છ કલાકનો અંતર=૯૦ પૂર્વ કે પશ્ચિમ; ત્રણ કલાકનો અંતર=૪૫ પૂર્વ કે પશ્ચિમ, ઈત્યાદિ; એ પરથી રેખાંશ અંશમાં ગણીએ કે કલાકમાં ગણીએ તે સરખુંજ છે, કારણ કે વિષુવવૃત્તના ૩૬૦ અંશમાં અથવા ૨૪ કલાકમાં વિભાગ કરેલા હોવાથી પ્રત્યેક કલાક ૧૫ ની બરાબર છે. હરકોઈ સ્થળના રેખાંશ ગ્રીનિચની પૂર્વે કલાકમાં તેના અંતર વડે પણ લખાય છે, તેથી હરકોઈ સ્થળ ૨૩ કલાક પશ્ચિમે છે એમ કહેવાને બદલે તે એક કલાક પૂર્વમાં છે એમ કહેવાય છે.

૨૭૧. ગ્રીનિયથી થોડે અંતરે રહેલાં સ્થળોમાં ગ્રીનિયનો બરાબર કાળ જાણવાને વ્યવહારમાં અડચણ પડેછે. એક વેધશાળામાં હોય તે વારે બીજી વેધશાળામાં કિયો વખત છે તે જાણવાને જોશીઓએ અનેક યુક્તિઓ અજમાવી છે. એ કામને અર્થે ઠરાવેલી વેળાએ હવાઈ છોડી છે, તોપ ફાડી છે, અગ્નિ સળગાવ્યા છે અને સર્વે પ્રકારના સંકેત કર્યાછે; પરંતુ સ્થળોની વચ્ચે થોડું અંતર હોયછે તો આ સઘળી યુક્તિથી અર્થ સરેછે, તેથી ઘણે અંતરે રહેલાં સ્થળોમાં બરાબર વખત રહે તેટલા સારૂ સંજાળથી ગોઠવેલાં કાળમાન યંત્રો (ક્રોનોમીટર) ભેઈ જવાં પડ્યાં હતાં; પરંતુ હંમણા એક સ્થળેથી બીજે સ્થળે

તાર નાંખ્યા છે, જેમ કે ઇંગ્લાંડથી અમેરિકા સૂધી તાર નાંખ્યા છે, તેથી એક સ્થળેથી બીજે સ્થળે કિયો વખત છે તે સહેલથી જાણવામાં આવેછે. સમુદ્રમાં ફરનારાં વહાણોમાં થોડા કાળ લગી કાળમાન યંત્રો ઉપયોગમાં આવેછે, પરંતુ એ યંત્રોમાં ફેર પડવાનો સંભવ છે.

૨૭૨. ખગોળવિદ્યાને લગતા કેટલાક દેખાવો ક્યારે દેખાશે તે અગાઉથી કહી શકાય છે અને તેઓ પૃથ્વીથી એટલે બધે અંતરે બનેછે કે પૃથ્વીના ઘણાક ભાગપર એકજ સમયે દેખાશે પડેછે; આ દેખાવો નૌકાપંચાંગોમાં માંડેલા હોયછે. જેમ કે બૃહસ્પતિના ચંદ્રોનાં ગ્રહણ, અને આપણા ચંદ્રનું સ્થળ. ધારો કે બૃહસ્પતિના એક ચંદ્રનું ગ્રહણ ગ્રીનિચના કાળ પ્રમાણે બપોરના એક કલાકે થવાનું છે અને હરકોઈ સ્થળે સ્થાનિક કાળપ્રમાણે બપોરના બે વાગે એટલે સૂર્ય મધ્યાહ્ન દેખાપર થઈને ગયા કેટે બે કલાકે દેખાય છે તો સ્પષ્ટ છે કે ગ્રીનિચના ઘડિયાળમાં બપોરનો એક કલાક વાગેલો હોયછે, પરંતુ તે સ્થળના ઘડિયાળમાં બપોરના બે વાગેલા હોયછે, અને સ્થાનિક કાળમાં એક કલાકનો અંતર છે, તથા તે સ્થળ ગ્રીનિચની પૂર્વે એક કલાક અથવા ૧૫° છે. પરંતુ એ ગ્રહણ બપોરના બાર કલાકે દેખાય તો તે સ્થળ ગ્રીનિચની પશ્ચિમે એક કલાક હોતું જોઈએ.

૭.— આકાશી પદાર્થોની ગતિ શા કારણથી એટલી વધી નિયમિત છે.

§ ૧.— વજન એટલે શું.

૨૭૩. આપણા જાણવામાં આવ્યું કે તારાઓ મનુષ્યને અતિ ઉપયોગી છે, કારણ કે હરકોઈ આવતા સમયમાં તેઓ આકાશના કિયા ભાગમાં હશે તેની આપણે ગણતરી કરી શકી-એછીએ. તેમની અથવા પૃથ્વીની ગતિ નિયમિત નહોત તો એ પ્રમાણે થઈ શકત નહિ. માટે" માફ કામ પૂરું કર્યા પહેલાં

તારાની ગતિઓ વિશે આપણે અગાઉથી શીરીતે કહી શકીએ છીએ તે મારે તમને સમજાવવું જોઈએ.

૨૭૪. આપરથી આપણે ખગોળવિદ્યાના વધારે યાંત્રિક ભાગ એટલે આકાશી પદાર્થોની ગતિઓના નિયમોપર આવી પહોંચીએ છીએ. પૃથ્વી સ્થિર હોઈ તેની આસપાસ સૂર્ય અને ગ્રહો ફરે છે એવું પ્રાચીન કાળના લોકો માનતા હતા. પરંતુ એ કલ્પના દૂર થઈ ખરું જ્ઞાન થયું તે વિશે પાછળ કહ્યું છે. અને પછી ગ્રહો શા કારણથી ફરે છે ? એ સવાલ રહ્યો. પ્રથમ એવી કલ્પના કરવામાં આવી હતી કે ગ્રહો કોઈ પ્રકારના વમળમાં તણાયા જાય છે; અને પાછળથી એવું બતાવવામાં આવ્યું કે ગ્રહો સૂર્યની આસપાસ અને ચંદ્રો તેમના મુખ્ય ગ્રહોની આસપાસ છેક વર્તુલમાં ફરતા નથી, પરંતુ લંબગોળમાં ફરે છે અને સૂર્ય બરાબર મધ્ય ભાગે નથી. યાંત્રિક વિદ્યાના નિયમો પ્રમાણે તેઓ એજ રીતે ફરવા જોઈએ એવું ન્યૂટને સિદ્ધ કરીને બતાવ્યું છે અને એમ બતાવવાનું કારણ મારે તમને જણાવવું જોઈએ.

૨૭૫. પથરો અથવા દડો ઊંચે હવામાં ફેંકીએ છીએ તો તે પાછો જમીનપર પડે છે તે તમે બેશક ઘણીવાર જોયું હશે. તે શામાટે પડે છે એવો પ્રશ્ન તમે તમારા મનને કહી પૂછ્યો છે ? કદાચ નહિ પૂછ્યો હોય; પરંતુ તમને કોઈ પૂછશે તો તમે કદાચ એવો ઉત્તર દેશો કે “એવું કારણ એ છે કે જે વસ્તુઓમાં ભાર છે તે સર્વે વસ્તુઓ પૃથ્વીપર પડે છે ” અને એવો જવાબ દીધાથી તમે એક ગુચવણમાંથી નીકળી માત્ર બીજી ગુચવણમાં આવી પડશો. બીજો પ્રશ્ન એ છે કે વસ્તુઓ શાકારણથી ભારે છે ? એનો ઉત્તર એ છે કે લોહચુંબક જે પ્રમાણે લોહને લેંચે છે તે પ્રમાણે સર્વે પદાર્થો એક એકને લેંચે છે; તેથી એક પથરો બીજા પથરાને ખેંચે છે, પરંતુ અતિ અલ્પ બળથી ખેંચે છે, અને પૃથ્વી ભિન્ન ભિન્ન પદાર્થોનો અતિ મોટો સમૂહ હોઈ સઘળી વસ્તુઓને એટલા બળથી ખેંચે છે કે તેના મુકાબલામાં એક પથ-

રાત્રી બીજા પથરાપર આકર્ષણ માલૂમ પડતું નથી.

૨૭૬. માટે હરકોઈ પદાર્થને પૃથ્વી જે બળથી ખેંચે છે અને પોતાની બાજી તેને ખેંચાયલો રાખે છે તે માત્ર પદાર્થનું વજન અથવા ગુરુત્વ છે.

૨૭૭. હવે પદાર્થોમાં આકર્ષણ કરવાની શક્તિ હોય છે તે તે પદાર્થોમાંના રજકણસમૂહના પ્રમાણમાં ઓછી વત્તી હોય છે. ઉદાહરણ, પૃથ્વી હમણા જે પદાર્થોની અનેલી છે તેજ પદાર્થોની અનેલી હોઈ તેનું કદ બમણું હોત તો તે હાલ દરેક વસ્તુને જેટલા બળથી ખેંચે છે તેનાથી બમણા બળથી ખેંચત અને તે કારણથી દરેક વસ્તુનું વજન તેના હાલના વજન કરતાં બમણું થાત—આપણી પીઠ ઉપર માણસ સદા બેસે હોય તેના જેટલો ભાર આપણા પગને વહેવો પડત. તેમજ જે પદાર્થપર પૃથ્વીનું આકર્ષણ થાય છે તે પદાર્થમાંના રજકણસમૂહને બમણા કરીએ તો જેટલા બળથી તે ખેંચાય છે તે અથવા તેનું વજન પણ બમણું થાય. ઉદાહરણ, એક લોટામાં સવાશેર પાણી હોય તો તેવા બે લોટા પાણી અઢીશેર થાય.

૨૭૮. મેં પાછળ (કલમ ૧૩૫) રજકણસમૂહ શબ્દ વાપર્યો છે. એક લોટો ભરેલા સીસાના રજકણસમૂહ તેજ લોટો ભરેલા પાણીના રજકણસમૂહથી ઘણા વધારે થાય છે. અને જ્યાં લગી આપણે પૃથ્વીપર છીએ ત્યાંલગી રજકણસમૂહ એ વ્યવહારમાં વજનનો પર્યાય માત્ર છે. પરંતુ રજકણસમૂહમાં ફેર પડતો નથી તોપણ પૃથ્વીપર જે પદાર્થનું વજન એક શેર હોય છે તે બૃહસ્પતિપર બશેરથી વધારે થાય. એ કારણથી જે પદાર્થોપર જુદાં જુદાં આકર્ષણ થતાં હોય તે પદાર્થોનાં વજનને માટે સ્થાયી રજકણસમૂહ દર્શક શબ્દ વાપરવો જોઈએ.

૨૭૯. આપણી પૃથ્વીનું કદ બમણું કરીએ તોએ શેર ભાર ત્રાજવામાં બીજા શેર ભારની સમતોલ થાય, કારણ કે બંનેનાં વજન વસ્તુતઃ બશેર થયાં હશે. માટે ગુરુત્વ બળમાં કાંઈ ફેરફાર થાય તે નક્કી કરવાને બીજા કોઈ ઉપાય કરવો જોઈએ.

૨૮૦. પદાર્થનું વજન અથવા પૃથ્વીની આકર્ષક શક્તિ નક્કી કરવાને પોલાદની કમાન ગોઠવી શકાય, કારણ કે ગુરુત્વને લીધે તેનામાં કોઈ પણ પ્રકારે ફેરફાર થતો નથી ; પરંતુ હરકોઈ પદાર્થ અમુક કાળમાં, બહુધા એક સેકંડમાં, કેટલે અંતરેથી પૃથ્વીપર પડેછે તે નક્કી કરવું એ અતિ ચોક્કસ રીત છે, કારણ કે જેમ આકર્ષણ બળ વધારે હશે તેમ તે વધારે વેગથી નીચે આવશે ; પૃથ્વીના પૃષ્ઠ ઉપર હરકોઈ પદાર્થની ગતિને ખાળનાર વાયુ વિનાના અવકાશમાં તે એક સેકંડમાં ૧૬ ફુટ પડશે, અને તે સેકંડ પૂરી થતાં તે પદાર્થનો વેગ દર સેકંડે ૩૨ ફુટ છે,—એટલે પહેલી સેકંડને અંતે ગુરુત્વ બળ બંધ થાય તો બીજી સેકંડમાં તે પદાર્થ ૩૨ ફુટ નીચે આવે.

૨૮૧. એ કારણથી પૃથ્વીના પૃષ્ઠ ઉપર ગુરુત્વ બળ ૩૨ ગણે છે. બૃહસ્પતિના પૃષ્ઠ ઉપર ગુરુત્વ બળ આપણી પૃથ્વીના ગુરુત્વ બળથી અઢી ગણું એટલે ૭૮ ગણેછે. એનો અર્થ એ છે કે એક સેકંડમાં પદાર્થને અટકાવ થયા વગર બૃહસ્પતિપર પડવા દઈએ તો તેનામાં દર સેકંડે ૭૮ નો વેગ આવે.

§ ૨.—ગુરુત્વબલ અંતર પ્રમાણે ઘટેછે.

૨૮૨. પૃથ્વીપરના હરકોઈ પદાર્થને જે બળથી પૃથ્વી ખેંચેછે તે બળને તે પદાર્થનું વજન કહેછે એવું મેં પાછળ કહ્યું છે. હવે હું કહું છું કે એ બળ પૃથ્વીથી ભિન્ન ભિન્ન અંતરે રહેલા પદાર્થોને માટે સરખું નથી.

૨૮૩. તમારામાંના જેઓએ હાથમાં લોહચુંબક લીધો હશે તેમના જોવામાં આવ્યું હશે કે લોહાના કડકા લોહચુંબકની જેમ થડમાં હોયછે તેમ તેઓ વધારે જોરથી તેની ભણી ખેંચાય છે ; મેજપર સોય મૂકી તેને લોહચુંબક ભણી ખસેડવાથી આ બિના સહજ સમજાશે. એ રીતે કરવાથી તમારા જોવામાં આવશે કે થોડાક ઇંચને છેટેથી મેજપર સોય ધસડાઈને લોહચુંબકની પાસે જાય એટલા જોરથી તે ખેંચાતી નથી, તેથી

લોહચુંબકને સોયની વધારે પાસે લાવવો પડે છે. સોયના ધર્મણુ કરતાં લોહચુંબકનું આકર્ષણ વધારે થાય છે એટલે તે સોય ધર્મી-ને લોહચુંબકને વળગી પડે છે.

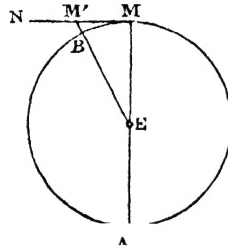
૨૮૪. ગુરુત્વાકર્ષણનું પણ એજ પ્રમાણ છે. પદાર્થ પૃથ્વીથી જેમ દૂર હોય છે તેમ તેના પર પૃથ્વીનું આકર્ષણ થોડું હોય છે; અને ન્યૂટને સિદ્ધ કર્યું છે કે બમણે અંતરે ગુરુત્વ બળ અડધું હોતું નથી, પરંતુ અડધાનું અડધું અથવા પા હોય છે; ત્રણે અંતરે ત્રીજે દિરસે નહિ પણ ત્રીજાને ત્રીજે દિરસે એટલે $\frac{1}{27}$ હોય છે, ઇત્યાદિ; એમ આઠગણું અંતર વધારીએ તો આઠને આઠ ગુણવા પડે અથવા તેનો વર્ગ કરવો પડે, એટલે ૬૪ કરી તેની ઉપર ૧ મુકી $\frac{1}{64}$ થાય છે. એપરથી જણાય છે કે ગુરુત્વાકર્ષણ આઠ ગણે અંતરે પ્રથમના ગુરુત્વાકર્ષણનો $\frac{1}{64}$ માત્ર છે.

§ ૩.—પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિનો સુલાસો આપરથી શી રીતે મળે છે.

૨૮૫. ચંદ્રની ગતિ વડે ન્યૂટને આ બિના નીચેની રીતે સિદ્ધ કરી: પાછળ કહ્યું છે કે ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ ફરે છે; પરંતુ તેની ગતિનું કારણ હજી લગી આપણા જાણવામાં આવ્યું નથી. હવે ગોદ્રણમાં પથરો મૂકી ગોદ્રણને આપણી આસપાસ ફેરવીએ છીએ તેવારે પથરો ફરે છે અને ગોદ્રણમાંથી ઊડી પડતો નથી તેમ પૃથ્વીના આકર્ષણને લીધે ચંદ્ર લગભગ ગોળ કક્ષામાં ફરે છે; ગોદ્રણનો એક છેડો છોડીએ છીએ તેવારે તે પથરો સીધી લીટીમાં ઊડી પડે છે તેમ ગુરુત્વાકર્ષણની દોરી તૂટી જાય તો ચંદ્ર અવકાશમાં દૂર ફેંકાઈ જાય.

૨૮૬. પાસે ચિત્ર આપ્યું છે તેની મદદથી આ બાબતનો આપણે વિચાર કરીએ. એ ચિત્રમાં E પૃથ્વી છે અને M B A ચંદ્રની કક્ષા છે; અને આપણે એમ ધારીએ કે ચંદ્ર M સ્થળે છે; હવે ગુરુત્વાકર્ષણ બંધ પડે તો તે સીધી લીટીમાં જઈ N બહારી જાય; અને એક સેકન્ડમાં તે M' સ્થળે જાય એમ ધારીએ, પરંતુ

ગુરત્વાકર્ષણને લીધે તે વસ્તુતઃ B માં આવેલો દૃષ્ટિએ પડેછે. એ પરથી સિદ્ધ થાયછે કે પૃથ્વીના આકર્ષણને લીધે M'માંથી B માં ધસડાઈ આવ્યો; અને ચંદ્રની કક્ષા કેવડી છે તેની આપણને ખબર છે તેથી M'થી B સુધીના ને અંતરમાં પૃથ્વી એક સેકંડમાં ચંદ્રને ખેંચી આણેછે તે અંતર માત્ર ગણિત કરવાથી નીકળેછે. એ અંતર $\frac{1}{4}$ ઇંચ કરતાં કાંઈક ઓછું છે.



ચિત્ર ૪૮ મું.— પૃથ્વીભણી ચંદ્રનું પતન.

૨૮૭. આ સત્ય ન્યૂટનના મત નેરે મળેછે કે નહિ તેની તપાસ કરીએ. ચંદ્રના જેટલે અંતરે રહેલો પદાર્થ એક સેકંડમાં ફેટલો નીચે આવે અથવા તેનાપર ફેટલું આકર્ષણ થાય? ચંદ્ર ગુમારે પૃથ્વીથી ૨, ૪૦, ૦૦૦ મૈલ દૂર છે અને પૃથ્વીનું પૃષ્ઠ તેના મધ્ય બિંદુ—એ બિંદુએ સકળ આકર્ષણ એકત્ર થયેલું છે એમ ધારી શકાય—એથી ૪, ૦૦૦ મૈલ છે, અને ૨, ૪૦, ૦૦૦ માં ૪, ૦૦૦ સાઠવાર માયછે, તેથી પૃથ્વીના મધ્ય બિંદુથી તેનું પૃષ્ઠ જેટલું દૂર છે તેનાથી ચંદ્ર સાઠગણે દૂર છે; અને ચંદ્રના જેટલે અંતરે સાઠ ગુણ્યા સાઠ અથવા ૩૬૦૦ ગણું ઓછું આકર્ષણ હોવું જોઈએ; પરંતુ પૃથ્વીના પૃષ્ઠપર ગુરત્વ બળ એટલું બધું છે કે પદાર્થો દર સેકંડે સોળ ફુટ પડેછે, તેથી ચંદ્રના જેટલે અંતરે તેઓ $\frac{1}{4}$ ફુટ અથવા $\frac{1}{4}$ ઇંચ પડવા જોઈએ, અને નીચે પડવાનો વેગ એ છે તે વિગે આપણે પાછળ કહી ગયા છીએ.

§ ૪.—ગુહત્વાકર્ષણ.

૨૮૮. એ પ્રમાણે ન્યૂટને શોધી કહાડયું કે ગુહત્વાકર્ષણ નામે જે બળને લીધે પથરો પૃથ્વીપર પડે છે તેજ બળ ચંદ્રને પોતાના માર્ગમાં પૃથ્વીની આસપાસ ફરતો રાખે છે. એ શોધ એટલેથી અટકી નહિ, પરંતુ તેણે સિદ્ધ કર્યું કે પૃથ્વી અને બીજા બધા ગ્રહો એ રીતે સૂર્યની આસપાસ પોત પોતાની કક્ષામાં ફરે છે; અને ગુહત્વાકર્ષણનો એજ નિયમ છેક આધેના તારાને લાગુ પડે છે. આકાશી પદાર્થોની દેહાઈતી અનિશ્ચિત ગતિઓની વ્યવસ્થા અને નિયમ બાંધી ન્યૂટને સિદ્ધ કર્યું કે સર્વે ગતિઓ વાસ્તવિક રીતે નિયમિત છે અને તે કારણથી અગાઉથી ગણિત કરીને કહાડી શકાય. એમ તેના સિદ્ધાંતને લીધે જે ગ્રહાંડમાં આપણે વશીએ છીએ તેના દિવ્ય સૌંદર્યનાં તથા નિયમિત રચનાનાં વખાણ કરવાને મનુષ્ય શક્તિવાન થાય છે એટલુંજ નહિ, પણ લૌકિક વ્યવહારમાં આકાશી પદાર્થોની ગતિઓનો ઉપયોગ કરી શકે છે.

સમાપ્ત.

